



TUGAS AKHIR TERAPAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG PERPUSTAKAAN UPN VETERAN SURABAYA DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)

**RIHNATUL ILMIAH
NRP. 3112 030 114**

**ONCAT GEMURUH LEPUTRA
NRP. 3112 030 128**

**Dosen Pembimbing
Ir. SRIE SUBEKTI, MT
NIP. 19560520 198903 2 001**

**PROGRAM DIPLOMA III TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015**



APPLIED FINAL PROJECT

INTERMEDIATE MOMENT RESISTING FRAME SYSTEM APPLIED IN STRUCTURAL DESIGN OF UPN VETERAN SURABAYA LIBRARY BUILDING

RIHNATUL ILMIAH
NRP. 3112 030 114

ONCAT GEMURUH LEPUTRA
NRP. 3112 030 128

Counsellor Lecturer
Ir. SRIE SUBEKTI, MT
NIP. 19560520 198903 2 001

DIPLOMA III CIVIL ENGINEERING
Civil Engineering and Planning Faculty
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2015

**PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
PERPUSTAKAAN UPN VETERAN SURABAYA DENGAN
METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH (SRPMM)**

TUGAS AKHIR TERAPAN

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelah Ahli Madya
Pada

Program Studi Diploma III Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Mahasiswa 1

RIHNATUL ILMIAH
NRP. 3112 030 114

Mahasiswa 2

ONCAT GEMURUH L
NRP. 3112 030 128

Disetujui Oleh :

Dosen Pembimbing Tugas Akhir

Ir. SRI SUBEKTI MT
NIP. 19560520 198903 2 001

30 JUN 2015

**PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG
PERPUSTAKAAN UPN VETERAN SURABAYA DENGAN
METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH (SRPMM)**

Nama Mahasiswa : 1. Rihnatul Ilmiah
2. Oncat Gemuruh Leputra
NRP : 1. 3112 030 114
2. 3112 030 128
Jurusan : D3 Teknik Sipil Bangunan Gedung
Dosen Pembimbing : Ir. Sri Subekti, MT.
19560520 198903 2 001

Abstrak

Dalam perencanaan struktur suatu bangunan gedung khususnya untuk gedung bertingkat, diperlukan suatu metode perencanaan yang tepat. Salah satu metode yang digunakan dalam suatu perencanaan bangunan gedung adalah system rangka pemikul momen menengah (SRPMM). Metode ini merupakan metode perencanaan bangunan tahan gempa yang dapat dilihat pada kategori desain seismiknya. Hal ini berdasarkan SNI 03-1726-2012.

Pada tugas akhir “Perencanaan Struktur Gedung Perpustakaan UPN Veteran Surabaya Dengan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah” berdasarkan peraturan pembebanan untuk gedung 1983 (PPIUG 1983) dan untuk pembebanan gempa didasarkan pada tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk bangunan gedung (SNI 03-1726-2012), sedangkan untuk perencanaan struktur beton berdasarkan (SNI 03-2874-2002).

Dari analisa dan perencanaan yang telah dilakukan, diperoleh hasil dimensi struktur : balok 30x50 cm, dan 20x30 cm; kolom 50x50 cm, dan 30x30 cm; balok sloof 30x50 cm, dan 20x30 cm; tebal pelat lantai dan atap 12 cm; tangga dengan tinggi injakan 20 cm dan lebar injakan 30 cm; serta pada pondasi tiang pancang dengan kedalaman 24,2 m.

Kata Kunci : SRPMM, statik ekuivalen

INTERMEDIATE MOMENT RESISTING FRAME SYSTEM APPLIED IN STRUCTURAL DESIGN OF UPN VETERAN SURABAYA LIBRARY BUILDING

Student Name : 1. Rihnatul Ilmiah
2. Oncat Gemuruh Leputra
NRP : 1. 3112 030 114
2. 3112 030 128
Faculty : D3 Teknik Sipil Bangunan Gedung
Counsellor Lecturer : Ir. Sri Subekti, MT.
19560520 198903 2 001

Abstract

A fixed method is needed for designing the structure of a building, especially for multi-storey buildings. One of methods used for this applied final project is the system frame intermediate bearer moment (SRPMM). It is a method of designing an earthquake-resistant building that can be seen on seismic design category based on SNI 03-1726-2012.

At the final " Intermediate Moment Resisting Frame System Applied In Structural Design Of UPN Veteran Surabaya Library Building " under the rules of building load in 1983 (PPIUG 1983) and for earthquake load is based on procedure planning of earthquake building resistance (SNI 03-1726-2012), while for designing concrete structures is based on (SNI 03-2874-2002).

After passing analysis and designing process, the result of structural dimension shows: beams 30x50 cm and 20x30 cm; column 50x50 cm and 30x30 cm; sloof beam 30x50 cm and 20x30 cm; thick of slab floors and roof 12 cm; height of ladder 20 cm and a width of stamp 30 cm; as well as depth of pile foundation 24.2 m.

Keywords: intermediate moment resisting frame system , equivalent static

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan segala puji syukur kehadiran Tuhan YME atas segala rahmat dan karunia-Nya. Kami sebagai penulis telah menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini .

Tersusunnya Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan serta motivasi yang diberikan oleh berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini kami mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam Tugas Akhir ini. Ucapan terima kasih kami sampaikan terutama kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan kekuatan dan kelancaran dalam menyusun Tugas Akhir ini,
2. Kedua orang tua dan saudara-saudara kami yang tercinta, sebagai penyemangat dan banyak member dukungan moral maupun material serta doanya,
3. Ibu Ir. Srie Subekti, MT. Selaku dosen pembimbing yang telah mendidik dan banyak memotivasi dalam penyusunan Tugas Akhir ini,
4. Bapak Ir. Sigit Darmawan, M.Eng. Selaku koordinator Program Studi Diploma III Teknik Sipil Teknik Sipil ITS
5. Segenap dosen dan karyawan pada Program Studi Diploma III Teknik Sipil ITS

Kami menyadari dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih banyak kesalahan dan kekurangan, untuk itu segala bentuk saran dan kritik yang bersifat membangun sangat kami harapkan dalam kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Dan kami berharap semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang membaca.

Penyusun
Juni, 2015

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR NOTASI	xxi
 BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	1
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Manfaat	2
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Pembebanan.....	3
2.1.1 Beban Mati	3
2.1.2 Beban Hidup	3
2.1.3 Beban Angin	4
2.1.4 Beban Gempa	4
2.2 Perencanaan Struktur Beton	13
2.2.1 Pelat.....	13
2.2.2 Tangga.....	19
2.2.3 Atap.....	19
2.2.4 Balok.....	20
2.2.5 Kolom.....	27
2.2.6 Pondasi.....	30
 BAB III METODOLOGI.....	37
3.1 Pengumpulan Data.....	38

3.2	PerhitunganPembebanan.....	38
3.3	Perencanaan Dimensi Struktur.....	40
3.4	Analisa Struktur.....	40
3.5	Analisa Gaya Dalam.....	40
3.6	Perhitungan Penulangan.....	41
3.7	Gambar Rencana.....	41
BAB IV	ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	43
4.1	Perencanaan Dimensi Struktur.....	43
4.1.1	Dimensi Balok.....	43
4.1.2	Dimensi Kolom.....	51
4.1.3	Dimensi Pelat.....	55
4.1.4	Dimensi Sloof.....	89
4.2	Perencanaan Gempa.....	93
4.2.1	Pemodelan Struktur.....	93
4.2.2	Pembebanan.....	94
4.2.3	Perhitungan Beban Gempa.....	94
4.3	Perencanaan Pelat.....	107
4.3.1	Pembebanan Pelat.....	109
4.3.2	Analisa Gaya Dalam.....	111
4.3.3	Penulanan Pelat Lantai.....	112
4.3.4	Penulangan Pelat Atap.....	126
4.4	Perencanaan Tangga.....	140
4.4.1	Perencanaan Tangga Uama.....	143
4.4.2	Perencanaan Tangga Darurat.....	155
4.4.3	Perencanaan Balok bordes.....	167
4.5	Perencanaan Balok.....	223
4.5.1	Perencanaan Balok Induk.....	229
4.5.2	Perencanaan Balok Anak.....	284
4.6	Perencanaan Kolom.....	333
4.6.1	Perencanaan Kolom K1.....	335
4.7	Perencanaan Sloof.....	365
4.7.1	Penulangan Sloof 30/50.....	365
4.8	Perencanaan Pondasi.....	422

BAB V	PENUTUP.....	451
	5.1 Hasil Perencanaan.....	451
	5.2 Saran.....	452
DAFTAR PUSTAKA.....		453
LAMPIRAN		
BIODATA PENULIS		

“HalamanIniSengajaDikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Pelat.....	13
Gambar 2.2	Gaya Lintang Rencana Untuk SRPMM.....	24
Gambar 2.3	Gaya Lintang Rencana Pada Kolom Untuk SRPMM.....	29
Gambar 2.4	Bidang kritis Akibat Geser 1 Arah Pada Poer.....	35
Gambar 2.5	Bidang Kritis Akibat Geser 2 Arah Pada Poer.....	36
Gambar 3.1	Diagram Alir Metodologi Tugas Akhir.....	37
Gambar 4.1	Gambar 4.1 Denah Perencanaan Dimensi Balok Induk Melintang.....	44
Gambar 4.2	Dimensi Balok Induk Melintang.....	45
Gambar 4.3	Denah Perencanaan Dimensi Balok Induk Memanjang.....	45
Gambar 4.4	Dimensi Balok Induk Memanjang.....	46
Gambar 4.5	Denah Perencanaan Dimensi Balok Anak Melintang.....	47
Gambar 4.6	Dimensi Balok Anak Melintang.....	48
Gambar 4.7	Denah Perencanaan Dimensi Balok Anak Memanjang.....	49
Gambar 4.8	Dimensi Balok Anak Memanjang.....	50
Gambar 4.9	Denah Perencanaan Dimensi Kolom K1.....	51
Gambar 4.10	Dimensi Kolom K1.....	52
Gambar 4.11	Denah Perencanaan Dimensi Kolom K2.....	53
Gambar 4.12	Dimensi Kolom K2.....	54
Gambar 4.13	Diagram Alir Perencanaan Dimensi Pelat.....	55
Gambar 4.14	Denah Perencanaan Dimensi Pelat Lantai.....	57
Gambar 4.15	Denah Perencanaan Dimensi Pelat Atap.....	73
Gambar 4.16	Denah Perencanaan Dimensi Sloof Melintang.....	90
Gambar 4.17	Dimensi Sloof Melintang.....	91
Gambar 4.18	Denah Perencanaan Dimensi Sloof Memanjang.....	91
Gambar 4.19	Dimensi Sloof Memanjang.....	92
Gambar 4.20	Pemodelan Struktur.....	93
Gambar 4.21	Diagram Alir Perhitungan Beban Gempa.....	95

Gambar 4.22	Grafik Respon Spektrum Gempa.....	98
Gambar 4.23	Portal Memanjang As 3(A-J).....	99
Gambar 4.24	Gaya Fi.....	105
Gambar 4.25	Diagram Alir Penulangan Pelat.....	108
Gambar 4.26	Denah Pelat Lantai Tipe S1.....	112
Gambar 4.27	Asumsi Pelat (Lantai) Terjepit Penuh.....	113
Gambar 4.28	Asumsi Tinggi Manfaat Pelat Lantai, dx dan dy	114
Gambar 4.29	Detail Penulangan Pelat Lantai.....	125
Gambar 4.30	Denah Pelat Atap Tipe S1.....	126
Gambar 4.31	Asumsi Pelat (Atap) Terjepit Penuh.....	127
Gambar 4.32	Asumsi Tinggi Manfaat Pelat Atap, dx dan dy	128
Gambar 4.33	Detail Penulangan Pelat Atap.....	139
Gambar 4.34	Diagram Alir Perencanaan Tangga.....	142
Gambar 4.35	Pemodelan Mekanika Tangga Utama.....	146
Gambar 4.36	Potongan Pelat Anak Tangga Utama.....	148
Gambar 4.37	Potongan Pelat Bordes Utama.....	152
Gambar 4.38	Pemodelan Mekanika Tangga Darurat.....	158
Gambar 4.39	Potongan Pelat Anak Tangga Darurat.....	160
Gambar 4.40	Potongan Pelat Bordes Darurat.....	164
Gambar 4.41	Diagram Alir Penulangan Lentur Balok.....	167
Gambar 4.42	Diagram Alir Penulangan Torsi Balok.....	169
Gambar 4.43	Diagram Alir Penulangan Geser Balok.....	171
Gambar 4.44	Tinggi Efektif Balok Bordes.....	174
Gambar 4.45	Denah Pembalokan Lantai 1.....	174
Gambar 4.46	Pemodelan 3D diagram gaya dalam momen lentur balok.....	176
Gambar 4.47	Luasan Acp dan Keliling Pcp.....	178
Gambar 4.48	Luasan Aoh dan keliling Ph.....	178
Gambar 4.49	Cek jarak spasi tulangan dari jarak spasi tulangan sejajar pada penampang balok.....	186
Gambar 4.50	Cek kemampuan penampang tulangan dari jarak spasi tulangan antar lapis pada penampang balok.....	188
Gambar 4.51	Cek jarak spasi tulangan dari jarak spasi tulangan sejajar pada penampang balok.....	194
Gambar 4.52	Cek kemampuan penampang tulangan dari jarak spasi tulangan antar lapis pada penampang balok.....	196

Gambar 4.53 Cek jarak spasi tulangan dari jarak spasi tulangan sejajar pada penampang balok.....	202
Gambar 4.54 Cek kemampuan penampang tulangan dari jarak spasi tulangan antar lapis pada penampang balok.....	204
Gambar 4.55 Sketsa pemasangan tulangan lentur pada balok yang ditinjau.....	206
Gambar 4.56 Diagram gaya geser pada balok.....	209
Gambar 4.57 Sketsa Balok Bordes 30-50 As E-F/6'	221
Gambar 4.58 Sketsa Pembengkokan Tulangan Pada Tulangan Geser.....	222
Gambar 4.59 Diagram Alir Penulangan Lentur Balok.....	224
Gambar 4.60 Diagram Alir Penulangan Torsi Balok.....	226
Gambar 4.61 Diagram Alir Penulangan Geser Balok.....	227
Gambar 4.62 Tinggi Efektif Balok Induk.....	230
Gambar 4.63 Denah pembalokan lantai 2.....	230
Gambar 4.64 Pemodelan 3D diagram gaya dalam momen lentur balok.....	232
Gambar 4.65 Luasan Acp dan Keliling Pcp.....	233
Gambar 4.66 Luasan Aoh dan keliling Ph.....	234
Gambar 4.67 Cek jarak spasi tulangan dari jarak spasi tulangan sejajar pada penampang balok.....	242
Gambar 4.68 Cek kemampuan penampang tulangan dari jarak spasi tulangan antar lapis pada penampang balok.....	244
Gambar 4.69 Cek jarak spasi tulangan dari jarak spasi tulangan sejajar pada penampang balok.....	252
Gambar 4.70 Cek kemampuan penampang tulangan dari jarak spasi tulangan antar lapis pada penampang balok.....	254
Gambar 4.71 Cek jarak spasi tulangan dari jarak spasi tulangan sejajar pada penampang balok.....	261
Gambar 4.72 Cek kemampuan penampang tulangan dari jarak spasi tulangan antar lapis pada penampang balok.....	263
Gambar 4.73 Sketsa pemasangan tulangan lentur pada balok yang ditinjau.....	265
Gambar 4.74 Diagram gaya geser pada balok.....	270
Gambar 4.75 Sketsa Balok Induk 30-50 As F/6-7.....	283

Gambar 4.76 Sketsa Pembengkokan Tulangan Pada Tulangan Geser.....	283
Gambar 4.77 Tinggi Effektif Balok Anak.....	285
Gambar 4.78 Denah pembalokan lantai 4.....	285
Gambar 4.79 Pemodelan 3Ddiagram gaya dalam momen lentur balok.....	287
Gambar 4.80 Luasan Acp dan Keliling Pcp.....	288
Gambar 4.81 Luasan Aoh dan keliling Ph.....	289
Gambar 4.82 Cek jarak spasi tulangan dari jarak spasi tulangan sejajar pada penampang balok.....	294
Gambar 4.83 Cek kemampuan penampang tulangan dari jarak spasi tulangan antar lapis pada penampang balok.....	296
Gambar 4.84 Cek jarak spasi tulangan dari jarak spasi tulangan sejajar pada penampang balok.....	302
Gambar 4.85 Cek kemampuan penampang tulangan dari jarak spasi tulangan antar lapis pada penampang balok.....	304
Gambar 4.86 Cek jarak spasi tulangan dari jarak spasi tulangan sejajar pada penampang balok.....	310
Gambar 4.87 Cek kemampuan penampang tulangan dari jarak spasi tulangan antar lapis pada penampang balok.....	312
Gambar 4.88 Sketsa pemasangan tulangan lentur pada balok yang ditinjau.....	314
Gambar 4.89 Diagram gaya geser pada balok.....	318
Gambar 4.90 Sketsa Balok Anak 20-30 AsE-F/6'.....	331
Gambar 4.91 Sketsa Pembengkokan Tulangan Pada Tulangan Geser	332
Gambar 4.92 Diagram Alir Penulangan Lentur Kolom.....	333
Gambar 4.93 Posisi Kolom As F-6.....	335
Gambar 4.94 Peninjauan Kolom.....	336
Gambar 4.95 Panjang Tekuk Kolom.....	338
Gambar 4.96 Penampang Kolom dalam Arah X.....	344
Gambar 4.97 Penampang Kolom dalam Arah Y.....	352
Gambar 4.98 Penulangan lentur Kolom.....	356
Gambar 4.99 Grafik Akibat Momen pada PCACOL.....	357
Gambar 4.100 Hasil Output Pada PCACOL.....	357
Gambar 4.101 Lintang Rencana Untuk SRPMM.....	359

Gambar 4.102	Penampang Kolom.....	364
Gambar 4.103	Tinggi efektif Balok Sloof.....	366
Gambar 4.104	Denah Balok Sloof.....	367
Gambar 4.105	Pemodelan 3D diagram gaya dalam momen lentur balok sloof.....	368
Gambar 4.106	Luasan Acp dan Keliling Pcp.....	370
Gambar 4.107	Luasan Aoh dan keliling Ph.....	371
Gambar 4.108	Cek jarak spasi tulangan dari jarak spasi tulangan sejajar pada penampang balok sloof.....	379
Gambar 4.109	Cek kemampuan penampang tulangan dari jarak spasi tulangan antar lapis pada penampang Balok Sloof.....	381
Gambar 4.110	Cek jarak spasi tulangan dari jarak spasi tulangan sejajar pada penampang balok sloof.....	387
Gambar 4.111	Cek kemampuan penampang tulangan dari jarak spasi tulangan antar lapis pada penampang balok sloof.....	389
Gambar 4.112	Cek jarak spasi tulangan dari jarak spasi tulangan sejajar pada penampang balok sloof.....	396
Gambar 4.113	Cek kemampuan penampang tulangan dari jarak spasi tulangan antar lapis pada penampang balok sloof.....	398
Gambar 4.114	Sketsa pemasangan tulangan lentur pada Balok Sloof yang ditinjau.....	400
Gambar 4.115	Diagram gaya geser pada Balok Sloof.....	406
Gambar 4.116	Sketsa Penampang Balok Sloof Induk 30-50 As F/6-7.....	420
Gambar 4.117	Sketsa Pembengkokan Tulangan Pada Tulangan Geser.....	420
Gambar 4.118	Diagram alir Penulangan Poer.....	421
Gambar 4.119	Geser satu arah pada poer.....	428
Gambar 4.120	Geser dua arah pada poer.....	429
Gambar 4.121	arah gaya pada poer akibat beban sementara.....	434
Gambar 4.122	arah gaya pada poer akibat beban sementara.....	436
Gambar 4.123	arah gaya pada poer akibat beban sementara.....	438
Gambar 4.124	mekanika gaya pada poer arah X.....	441
Gambar 4.125	mekanika gaya pada poer arah Y.....	445

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Peraturan perencanaan.....	3
Tabel 2.2	Klasifikasi Situs.....	6
Tabel 2.3	Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek.....	7
Tabel 2.4	Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik.....	8
Tabel 2.5	Koefisien Situs, F_a	8
Tabel 2.6	Koefisien Situs, F_v	9
Tabel 2.7	Kategori Risiko.....	11
Tabel 2.8	Faktor Keutamaan Gempa.....	11
Tabel 2.9	Faktor R, C_d dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa.....	11
Tabel 2.10	Perencanaan pelat satu arah	13
Tabel 2.11	Tebal minimum pelat tanpa balok interior.....	15
Tabel 2.12	Perhitungan Penulangan Pelat.....	16
Tabel 2.13	Rasio tulangan susut dan suhu.....	17
Tabel 2.14	Tebal minimum balok non-prategang atau pelat satu arah.....	20
Tabel 2.15	Perhitungan Penulangan Balok.....	21
Tabel 2.16	Pelindung Beton untuk Tulangan.....	23
Tabel 2.17	Perhitungan Penulangan Geser Balok.....	24
Tabel 2.18	Panjang penyaluran batang ulir dan kawat ulir.....	26
Tabel 2.19	Kontrol Kelangsingan Kolom.....	27
Tabel 2.20	Penulangan Lentur Poer.....	32
Tabel 4.1	Nilai jumlah SPT.....	96
Tabel 4.2	Rata-rata Conus Kg/cm^2	424
Tabel 4.3	Perhitungan jarak X dan Y.....	435
Tabel 4.4	Perhitungan jarak X dan Y.....	437
Tabel 4.5	Perhitungan jarak X dan Y.....	439

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR NOTASI

- A_{CP} = Luas yang dibatasi oleh keliling luar penampang beton, (mm^2),
- A_{CV} = Luas efektif bidang geser dalam hubungan balok-kolom (mm^2),
- A_g = Luas bruto penampang (mm^2),
- A_n = Luas bersih penampang (mm^2),
- A_{tp} = Luas penampang tiang pancang (mm^2),
- A_l = Luas total tulangan longitudinal yang menahan torsi (mm^2),
- A_o = Luas bruto yang dibatasi oleh lintasan aliran geser (mm^2),
- A_{oh} = Luas penampang yang dibatasi oleh garis as tulangan sengkang (mm^2),
- A_s = Luas tulangan tarik non prategang (mm^2),
- A_s' = Luas tulangan tekan non prategang (mm^2),
- A_t = Luas satu kaki sengkang tertutup pada daerah sejarak s untuk menahan torsi (mm^2),
- A_v = Luas tulangan geser pada daerah sejarak s atau luas tulangan geser yang tegak lurus terhadap tulangan lentur tarik dalam suatu daerah sejarak s pada komponen struktur lentur tinggi (mm^2),
- b = Lebar daerah tekan komponen struktur (mm^2),
- b_o = Keliling dari penampang kritis yang terdapat tegangan geser maksimum pada pondasi (mm),
- b_w = Lebar badan balok atau diameter penampang bulat (mm),
- C = Jarak dari serat tekan terluar ke garis netral (mm),
- C_c' = Gaya pada tulangan tekan,
- C_s' = Gaya tekan pada beton,
- d = Jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik (mm),
- d' = Jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tekan (mm),
- db = Diameter nominal batang tulangan, kawat atau strand prategang (mm),

- D = Beban mati atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan beban mati,
 e = Eksentrisitas dari pembebanan tekan pada kolom atau telapak pondasi,
 e_x = Jarak kolom ke pusat kekakuan arah x ,
 e_y = Jarak kolom ke pusat kekakuan arah y ,
 E_x = Pengaruh beban gempa atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan gempa X ,
 E_y = Pengaruh beban gempa atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan gempa Y ,
 E_c = Modulus elastisitas beton (MPa),
 I_b = Momen inersia terhadap sumbu pusat penampang bruto balok,
 I_p = Momen inersia terhadap sumbu pusat penampang bruto pelat,
 f_c' = Kuat tekan beton yang disyaratkan (MPa),
 f_y = Kuat leleh yang disyaratkan untuk tulangan non prategang (MPa),
 f_{vy} = Kuat leleh tulangan torsi longitudinal (MPa),
 f_{ys} = Kuat leleh tulangan sengkang torsi (MPa),
 h = Tinggi total dari penampang,
 h_n = Bentang bersih kolom,
 L_n = Bentang bersih balok,
 M_u = Momen terfaktor pada penampang (Nmm),
 M_{nb} = Kekuatan momen nominal per satuan jarak sepanjang suatu garis leleh,
 M_{nc} = Kekuatan momen nominal untuk balok yang tak mempunyai tulangan tekan (Nmm),
 M_n = Kekuatan momen nominal jika batang dibebani lentur saja (Nmm),
 M_{nx} = Kekuatan momen nominal terhadap sumbu x ,
 M_{ny} = Kekuatan momen nominal terhadap sumbu y ,
 M_{ox} = Kekuatan momen nominal untuk lentur terhadap sumbu x untuk aksial tekan yang nol,

- M_{oy} = Kekuatan momen nominal untuk lentur terhadap sumbu y untuk aksial tekan yang nol,
- M_1 = Momen ujung terfaktor yang lebih kecil pada komponen tekan; bernilai positif bila komponen struktur melengkung dengan kelengkungan tunggal, negatif bila struktur melengkung dengan kelengkungan ganda (Nmm),
- M_2 = Momen ujung terfaktor yang lebih besar pada komponen tekan; selalu bernilai positif (Nmm),
- M_{1ns} = Nilai yang lebih kecil dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan ke samping yang berarti, dihitung dengan analisis rangka elastis konvensional (order pertama), bernilai positif bila komponen struktur melentur dalam kelengkungan tunggal, negatif bila melentur dalam kelengkungan ganda (Nmm),
- M_{2ns} = Nilai yang lebih besar dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan ke samping yang berarti, dihitung dengan analisis rangka elastis konvensional (Nmm),
- M_{1s} = Nilai yang lebih kecil dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang menimbulkan goyangan ke samping yang berarti, dihitung dengan analisis rangka elastis konvensional (order pertama), bernilai positif bila komponen struktur melentur dalam kelengkungan tunggal, negatif bila melentur dalam kelengkungan ganda (Nmm),
- M_{2s} = Nilai yang lebih besar dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang menimbulkan goyangan ke samping yang berarti, dihitung dengan analisis rangka elastis konvensional (Nmm),
- N_u = Beban aksial terfaktor,
- P_{cp} = Keliling luar penampang beton (mm),

- P_b = Kuat beban aksial nominal pada kondisi regangan seimbang (N),
 P_c = Beban kritis (N),
 P_{CP} = Keliling penampang beton (mm),
 Ph = Keliling dari garis as tulangan sengkang torsi,
 P_n = Kuat beban aksial nominal pada eksentrisitas yang diberikan (N),
 P_o = Kuat beban aksial nominal pada eksentrisitas nol (N),
 P_u = Beban aksial terfaktor pada eksentrisitas yang diberikan (N),
 S = Spasi tulangan geser atau torsi ke arah yang diberikan (N),
 T_c = Kuat momen torsi nominal yang disumbangkan beton,
 T_n = Kuat momen torsi nominal (Nmm),
 T_s = Kuat momen torsi nominal yang disumbangkan oleh tulangan tarik,
 T_u = Momen torsi terfaktor pada penampang (Nmm),
 V_c = Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton,
 V_s = Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh tulangan geser (N),
 V_u = Gaya geser terfaktor pada penampang (N),
 x = Dimensi pendek bagian berbentuk persegi dari penampang,
 α = Rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur pelat dengan lebar yang dibatasi secara lateral oleh garis-garis sumbu tengah dari panel panel yang bersebelahan (bila ada) pada tiap sisi balok,
 α_m = Nilai rata-rata α untuk semua balok pada tepi-tepi dari suatu panel,
 β = Rasio bentang dalam arah memanjang terhadap arah memendek dari pelat dua arah,
 ρ = Rasio tulangan tarik,
 ρ' = Rasio tulangan tekan,
 ρ_b = Rasio tulangan yang memberikan kondisi regangan yang seimbang,

- ρ_{\max} = Rasio tulangan tarik maksimum,
 ρ_{\min} = Rasio tulangan tarik minimum,
 ϕ = Faktor reduksi kekuatan,
 ε = Regangan,
 ε_c = Regangan dalam beton,
 λ_d = Panjang penyaluran,
 λ_{db} = Panjang penyaluran dasar,
 λ_{dh} = Panjang penyaluran kait standar tarik diukur dari penampang kritis hingga ujung luar kait (bagian panjang penyaluran yang lurus antara penampang kritis dan titik awal kait (titik garis singgung) ditambah jari-jari dan satu diameter tulangan ,
 λ_{hb} = Panjang penyaluran dasar dari kait standar tarik,
 λ_n = Bentang bersih untuk momen positif atau geser dan rata-rata dari bentang-bentang bersih yang bersebelahan untuk momen negatif,
 λ_u = Panjang bebas (tekuk) pada kolom,
 δ_{ns} = Faktor pembesaran momen untuk rangka yang ditahan terhadap goyangan ke samping, untuk menggambarkan pengaruh kelengkungan komponen struktur diantara ujung-ujung komponen struktur tekan,
 δ_s = Faktor pembesaran momen untuk rangka yang ditahan terhadap goyangan ke samping untuk menggambarkan pengaruh penyimpangan lateral akibat beban lateral dan gravitasi

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Dalam penyusunan tugas akhir yang berjudul Perencanaan Struktur Gedung Perpustakaan UPN Veteran Surabaya dengan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) ini menggunakan Gedung Perpustakaan UPN Veteran Surabaya sebagai obyek. Gedung Perpustakaan UPN Veteran Surabaya terletak di kota Surabaya, Jawa Timur dan dalam perhitungannya menggunakan metode Sistem Ganda (Dual Sistem). Namun dalam Tugas akhir ini, gedung tersebut akan dihitung dengan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) karena terletak pada Kategori Resiko Struktur I dalam Kategori Desain Seismik C pada tugas akhir ini menggunakan denah yang sudah disederhanakan.

Sistem Rangka Pemikul Momen adalah salah satu sistem yang digunakan dalam perencanaan pembangunan suatu struktur gedung. Sistem ini dapat digunakan pada daerah dengan kondisi gempa yang aktif, sekaligus sebagai perencanaan struktur gedung tahan gempa.

Karena bentuk dari Gedung UPN Veteran Surabaya yang simetris, maka perhitungan gempa dihitung dengan perhitungan analisa beban gempa statik ekuivalen.

I.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana mendapatkan hasil perhitungan struktur dengan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM),
2. Bagaimana membuat gambar detail teknik dari hasil perhitungan yang didapat.

I.3. Batasan Masalah

1. Perencanaan ini tidak meninjau analisa biaya, manajemen konstruksi, maupun arsitektural,
2. Beban gempa dihitung dengan menggunakan analisa beban gempa statik ekuivalen (*SNI 03-1726-2012*).

I.4. Tujuan

1. Membuat laporan perhitungan struktur Gedung UPN Veteran Surabaya dengan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah,
2. Membuat gambar detail teknik dari laporan perhitungan struktur Gedung UPN Veteran Surabaya dengan metode Sistem Rangka Momen Menengah.

I.5. Manfaat

Memberikan referensi tentang perhitungan struktur gedung dengan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah sesuai dengan gambar teknik yang telah dibuat.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka berikut ini akan menjelaskan secara garis besar mengenai teori yang digunakan agar perencanaan struktur gedung dapat memenuhi kriteria kekuatan dan kelayakan yang dibutuhkan sebuah gedung.

Berikut merupakan kutipan dari peraturan-peraturan yang tercantum dalam,

Tabel 2.1 Peraturan Perencanaan

NO	PERATURAN	TENTANG
1	SNI 2847-2002	Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung
2	PBBI 1971	Peraturan Beton Bertulang Indonesia
3	SNI 1726-2012	Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung
4	PPIUG 1983	Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983

2.1 Pembebanan

Dalam perencanaan suatu konstruksi bangunan, ada beberapa jenis beban yang harus ditinjau, diantaranya yaitu:

2.1.1. Beban Mati

Adalah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung itu sesuai PPIUG 1983, Pasal 1.0.1

2.1.2. Beban Hidup

Adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan ke dalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah,

mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut sesuai PPIUG 1983, Pasal 1.0.2

2.1.3. Beban Angin

Adalah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara sesuai PPIUG 1983, Pasal 1.0.3

2.1.4. Beban Gempa

Adalah semua beban statik ekivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menurunkan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa itu. Dalam hal pengaruh gempa pada struktur gedung ditentukan berdasarkan suatu analisa dinamik. Maka yang diartikan dengan beban gempa disini adalah gaya-gaya di dalam struktur tersebut yang terjadi oleh gerakan tanah akibat gempa tersebut sesuai PPIUG 1983, Pasal 1.0.4

a. Arah pembebanan gempa

Arah penerapan beban gempa yang digunakan dalam desain harus merupakan arah yang akan menghasilkan pengaruh beban paling kritis. Arah penerapan gaya gempa diijinkan untuk memenuhi persyaratan ini menggunakan prosedur 7.5.2 untuk kategori desain seismik B, 7.5.3 untuk kategori desain seismik C, dan 7.5.4 untuk kategori desain seismik D, E, dan F sesuai SNI 03-1726-2012, Pasal 7.5

Pembebanan yang diterapkan pada struktur bangunan yang dirancang untuk kategori desain seismik C harus, minimum, sesuai dengan persyaratan dalam 7.5.2, untuk kategori desain seismik B dan persyaratan pasal ini. Struktur yang mempunyai ketidakberaturan struktur horisontal Tipe 5 dalam

Tabel 10 harus menggunakan salah satu dari prosedur berikut:

Prosedur kombinasi ortogonal. Struktur harus dianalisis menggunakan prosedur analisis gaya lateral ekuivalen dalam 7.8, prosedur analisis spektrum respons ragam dalam 7.9, atau prosedur riwayat respons linier dalam 11.1, seperti diijinkan dalam 7.6, dengan pembebanan yang diterapkan secara terpisah dalam semua dua arah ortogonal. Pengaruh beban paling kritis akibat arah penerapan gaya gempa pada struktur dianggap terpenuhi jika komponen dan fondasinya didesain untuk memikul kombinasi beban-beban yang ditetapkan berikut: 100 persen gaya untuk satu arah ditambah 30 persen gaya untuk arah tegak lurus. Kombinasi yang mensyaratkan kekuatan komponen maksimum harus digunakan sesuai SNI 03-1726-2012, Pasal 7.5.3a

Penerapan serentak gerak tanah ortogonal. Struktur harus dianalisis menggunakan prosedur riwayat respons linier dalam 11.1 atau prosedur riwayat respons nonlinier dalam 11.2, seperti diijinkan dalam 7.6, dengan pasangan ortogonal riwayat percepatan gerak tanah yang diterapkan secara serentak sesuai SNI 03-1726-2012, Pasal 7.5.3b

b. Perhitungan Beban Gempa

- Untuk perhitungan beban gempa digunakan data tanah SPT kemudian dilakukan perhitungan nilai SPT rata – rata (\bar{N}_{SPT}) sesuai SNI 1726-2012, Tabel 3.

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{n_i}} \quad (1)$$

Keterangan :

N_i = Tahanan Penetrasi Standar 60 Persen Energi (N_{60}) yang Terukur Langsung di Lapangan Tanpa Koreksi,

di = Tebal Setiap Lapisan antara Kedalaman
0 sampai 30 meter.

- Dari nilai \overline{N}_{SPT} dapat ditentukan Kelas Situs Tanah dengan tabel berikut sesuai SNI 1726-2012.

Tabel 2.2 Klasifikasi Situs

Kelas Situs	$\overline{V_s}$ (m/detik)	\overline{N} atau $\overline{N_{ch}}$	$\overline{S_U}$ (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (Tanah Sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (Tanah Lunak)	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40\%$, 3. Kuat geser niralir $\overline{S_U} < 25$ kPa		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut:		

geoteknik spesifik dan analisis respon spesifik – situs yang mengikuti 6.10.1)	<ul style="list-style-type: none"> - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan Indeks Plastisitas $PI > 75$) - Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $\overline{S_u} < 50$ kPa
--	--

Catatan : N/A = tidak dapat dipakai

- Setelah mengetahui Kelas Situs Tanah, kemudian mencari KDS untuk lokasi bangunan tersebut sesuai SNI 1726-2012, Tabel 6 dan Tabel 7.

Tabel 2.3 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek

Nilai SDS	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$SDS < 0,167$	A	A
$0,167 \leq SDS \leq 0,33$	B	C
$0,33 \leq SDS \leq 0,50$	C	D
$0,33 \leq SDS$	D	D

Tabel 2.4 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik

Nilai SDS	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$SDI < 0,167$	A	A
$0,167 \leq SDI \leq 0,133$	B	C
$0,133 \leq SDI \leq 0,20$	C	D
$0,20 \leq SDI$	D	D

- Setelah mengetahui Kelas Situs Tanah, kemudian mencari nilai S_s dan S_1 berdasarkan PETA HAZARD GEMPA INDONESIA 2010.
- Menentukan Koefisien Situs Periode 0,2 detik (F_a) dan Koefisien Situs Periode 1 detik (F_v) berdasarkan tabel berikut sesuai SNI 1726-2012, Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 2.5 Koefisien Situs, F_a

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada perioda pendek, $T = 0,2$ detik, S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS^b				

Tabel 2.6 Koefisien Situs, F_v

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada perioda pendek, $T = 0,2$ detik, S_s				
	$S_I \leq 0,1$	$S_I = 0,2$	$S_I = 0,3$	$S_I = 0,4$	$S_I \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS^b				

- Menentukan Parameter spektrum respons percepatan pada perioda 0,2 detik (S_{MS}) sesuai SNI 1726-2012.

$$S_{MS} = F_a \times S_s \quad (2)$$

- Menentukan Parameter spektrum respons percepatan pada perioda 1 detik (S_{MI}) sesuai SNI 1726-2012.

$$S_{MI} = F_v \times S_1 \quad (3)$$

- Parameter percepatan spektral desain untuk perioda 0,2 detik sesuai SNI 1726-2012.

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times S_{MS} \quad (4)$$

Parameter percepatan spektral desain untuk perioda 1 detik sesuai SNI 1726-2012.

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times S_{MI} \quad (5)$$

- Kemudian menentukan besar periode (T) pada suatu bangunan sesuai SNI 1726-2012.

$$T = C_t \times h_n^x \quad (6)$$

Keterangan :

h_n = Tinggi bangunan (m)

$C_t = 0,0466$

$x = 0,9$

*) **Jika** $T_c > C_u \cdot T_a$ maka dipakai $T = C_u \cdot T_a$

Jika $T_a < T_c < C_u \cdot T_a$ maka dipakai $T = T_c$

Jika $T_c < T_a$ maka dipakai $T = T_a$

Dimana :

T_c : Perioda fundamental struktur yang diperoleh dari program analisis struktur

T_a : Perioda fundamental pendekatan ($C_t \cdot h_n^x$)

C_u : Koefisien untuk batas atas pada perioda yang dihitung

- Membuat Respon Spektrum Gempa sesuai SNI 1726-2012.

- Untuk perioda lebih kecil T_0 , spektrum respons percepatan desain :

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (7)$$

- Untuk perioda lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil atau sama dengan T_s , spektrum respons percepatan desain :

$$S_a = S_{DS} \quad (8)$$

- Untuk perioda lebih besar T_s , spektrum respons percepatan desain :

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (9)$$

- Menentukan Kategori Resiko dan Faktor Keutamaan Gempa (I) struktur bangunan sesuai SNI 1726-2012, Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 2.7 Kategori Risiko

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
Gedung dan non gedung yang memiliki resiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain : - Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur lainnya	I

Tabel 2.8 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori Risiko	Faktor Keutamaan Gempa (<i>I</i>)
I	1,0

13. Menentukan nilai Koefisien Modifikasi Respon (*R*) sesuai SNI 1726-2012, Tabel 9.

Tabel 2.9 Faktor *R*, *C_d* dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa

Sistem Penahan Gaya Seismik	Koefisien Modifikasi Respon, <i>R</i>	Faktor Kuat-lebih sistem, Ω_0	Faktor Pembebanan Defleksi, <i>C_d</i>	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, <i>h_n</i> (m)				
				Kategori Desain Seismik				
				B	C	D	E	F
6. Rangka Beton Bertulang Pemikul Momen Menengah	5	3	4,5	T B	T B	T I	T I	T I

14. Menghitung Gaya Geser Dasar Seismik (V) sesuai SNI 1726-2012.

$$V = C_s \times W \quad (10)$$

$$r C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{T}\right)} \quad (11)$$

Sehingga,

$$V = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{T}\right)} \times W \quad (12)$$

Menghitung Gaya Geser Dasar Seismik per Lantai (F) sesuai SNI 1726-2012.

$$F_x = C_{vX} \times V \quad (13)$$

$$C_{vX} = \frac{W_x \cdot h_x^k}{\sum_{i=1}^n W_i \cdot h_i^k} \quad (14)$$

Sehingga,

$$F_x = \frac{W_x \cdot h_x^k}{\sum_{i=1}^n W_i \cdot h_i^k} \times V \quad (15)$$

Input ke dalam SAP 2000 gaya geser dasar seismik per lantai

2.2 Perencanaan Struktur Beton

2.2.1 Pelat

a. Perencanaan ketebalan pelat

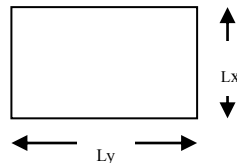
Komponen struktur beton yang mengalami lentur harus direncanakan agar mempunyai kekakuan yang cukup untuk membatasi lendutan atau deformasi apapun yang dapat memperlemah kekuatan ataupun mengurangi kemampuan layan struktur pada beban kerja sesuai SNI 03-2847-2002, Pasal 11.5.1

Untuk menentukan ketebalan pelat didasarkan pada:

- Perencanaan pelat satu arah (one way slab)

Pelat satu arah terjadi apabila $\frac{L_y}{L_x} > 2$; dimana

L_x adalah bentang pendek dan L_y adalah bentang panjang sesuai SNI 03-2847-2002, Tabel 8.



Gambar 2.1 Pelat

Tabel 2.10 Perencanaan pelat satu arah (lendutan tidak dihitung)

Komponen struktur	Tebal minimum (h)			
	Dua tumpuan sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
	Komponen yang tidak menahan atau tidak disatukan dengan partisi atau kontruksi lain yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar			

Pelat massif satu arah	1/20	1/24	1/28	1/10
Balok atau pelat rusuk satu arah	1/16	1/18,5	1/21	1/8
CATATAN ► Panjang bentang dalam mm ► Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal (Wc = 2400 kg/m³) dan tulangan BJTD 40. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasikan sebagai berikut: a. Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis diantara 1500 kg/m³ sampai 2000 kg/m³ , nilai tadi harus dikalikan dengan (1,65 – 0,0003 Wc) tetapi tidak kurang dari 1,09, dimana Wc adalah berat jenis dalam kg/m ³ b. Untuk f_y selain 400 Mpa, nilainya harus dikalikan dengan (0,4 + $\frac{f_y}{400}$) .				

● Perencanaan pelat dua arah (two way slab)

Tebal pelat minimum dengan balok yang menghubungkan tumpuan pada semua sisinya dengan $\frac{L_y}{L_x} < 2$ maka harus memenuhi

ketentuan sesuai SNI 03-2847-2002, Pasal 11.5.3 sebagai berikut:

- Untuk $\alpha_m \leq 0,2$, harus memenuhi ketentuan tabel 10 dan tidak boleh kurang sesuai SNI 03-2847-2002, Pasal 11.5.3.3a dari nilai berikut:

Plat tanpa penebalan > 120 mm

Plat dengan penebalan > 100 mm

- Untuk $0,2 < \alpha m < 2,0$, ketebalan pelat minimum sesuai 03-2847-2002, Pasal 11.5.3.3b harus memenuhi:

$$h = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1500}\right)}{36 + 5\beta(\alpha m - 0,2)} > 120\text{mm} \quad (16)$$

- Untuk $\alpha m > 2,0$, ketebalan pelat minimum sesuai SNI 03-2847-2002, Pasal 11.5.3.3c tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1500}\right)}{36 + 9\beta} > 90\text{mm} \quad (17)$$

Tabel 2.11 Tebal minimum pelat tanpa balok interior (SNI 03-2847-2002, Tabel 10)

Tegangan leleh (fy, Mpa)	Tanpa penebalan			Dengan penebalan		
	Panel luar		Panel dalam	Panel luar		Panel dalam
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir		Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir	
300	$L_n/33$	$L_n/36$	$L_n/36$	$L_n/36$	$L_n/40$	$L_n/40$
400	$L_n/30$	$L_n/33$	$L_n/33$	$L_n/33$	$L_n/36$	$L_n/36$
500	$L_n/28$	$L_n/31$	$L_n/31$	$L_n/31$	$L_n/34$	$L_n/34$
a. Untuk tulangan dengan leleh diantara 300 Mpa dan 400 Mpa atau diantara 400 Mpa dan 500 Mpa, gunakan interpolasi linier. b. Penebalan panel didefinisikan dalam 15.3.(7(1)) dan 15.3.(7(2)) c. Pelat dengan balok diantara kolom-kolomnya disepanjang tepi luar. Nilai α untuk balok tepi tidak boleh kurang dari 0,8.						

b. Perencanaan penulangan pelat

- Analisis struktur pelat sesuai SNI 03-2847-2002, Pasal 15.3.6

Rasio kekakuan balok terhadap plat:

$$\alpha = \frac{E_{cb} \times I_b}{E_{cp} \times I_p} > 1 \quad (18)$$

Dimana:

E_{cb} = modulus elastisitas balok beton

E_{cp} = modulus elastisitas pelat beton

I_b = momen inersia terhadap sumbu pusat penampang bruto balok

I_p = momen inersia terhadap sumbu pusat penampang bruto pelat

- Kebutuhan penulangan pelat sesuai SNI 03-2847-2002

Tabel 2.12 Perhitungan Penulangan Pelat

SUMBER	PERSAMAAN
SNI 03-2847-2002, Pasal 24.5	$M_n = \frac{M_u}{\phi}$
SNI 03-2847-2002, Pasal 12.5	$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$
SNI-03-2847-2002, Pasal 10.4	$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$
SNI-03-2847-2002, Pasal 12.3	$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b$
Wang, C. Salmon hal. 55 pers.3.8.4.a	$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'}$
Wang, C. Salmon hal. 55 pers.3.8.4.a	$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right)$

Jika perlu $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\min}$ maka ρ_{perlu} dinaikkan 30%, sehingga:

$$\rho_{\text{pakai}} = 1,3 \cdot \rho_{\text{perlu}} \quad (19)$$

$$As = \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d \quad (20)$$

- Kontrol jarak spasi tulangan

$$S_{\text{MAX}} < 2 \times h \quad (21)$$

- Perhitungan momen-momen yang terjadi pada pelat berdasarkan Peraturan Beton Bertulang Indonesia tahun 1971 (PBBI 1971) **tabel 13.3.1** dan 13.3.2
- Kontrol tulangan susut dan suhu sesuai SNI 03-2847-2002, Pasal 9.12.2(1)
Tulangan susut dan suhu harus paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton sebagai berikut, tetapi tidak kurang dari 0,0014

Tabel 2.13 Rasio tulangan susut dan suhu

		Rasio tulangan minimum terhadap luas bruto
a.	Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir mutu 300 Mpa	0,0020
b.	Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir atau jaring kawat las (polos ulir) mutu 400 Mpa	0,0018
c.	Pelat yang menggunakan tulangan dengan tegangan leleh melebihi 400 Mpa yang diukur pada regangan leleh sebesar 0,35	$0,0018 \times \frac{400}{f_y}$

- Kontrol jarak spasi tulangan susut dan suhu sesuai SNI 03-2847-2002, Pasal 15.3.2

$$S_{MAX} < 2 \times h \quad (22)$$

- Kontrol retak tulangan sesuai SNI 03-2847-2002, Pasal 12.6 persamaan 26

Bila tegangan leleh rencana f_y untuk tulangan tarik melebihi 300 Mpa, maka penampang dengan momen positif dan negatif maksimum harus dirancang sedemikian sehingga nilai z yang diberikan oleh:

$$z = f_s \times \sqrt[3]{d_c \times A} \quad (23)$$

Tidak melebihi 30 MN/m untuk penampang di dalam ruangan dan 25 MN/m untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar.

Tegangan pada tulangan akibat beban kerja f_s (Mpa) harus dihitung sebagai momen maksimum tak terfaktor sebagai dengan hasil kali luas tulangan baja dengan lengan momen dalam. Bila tidak dihitung dengan cara di atas, f_s boleh diambil sebesar 60% dari kuat leleh f_y yang disyaratkan.

$$A = 2 \times d_c \times s \quad (24)$$

Dimana s adalah jarak antara batang tulangan. Untuk lebar retak yang digunakan adalah:

$$\omega = 11 \times 10^{-6} \times \beta \times f_s \times \sqrt[3]{d_c \times A} \quad (25)$$

$\omega \leq 0,4$ mm untuk penampang di dalam ruangan

$\omega \leq 0,3$ mm untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar.

Spasi tulangan yang berada paling dekat pada permukaan tarik tidak boleh melebihi

$$s = \frac{9500}{f_y} - 2,5C_c \quad (26)$$

Tetapi tidak boleh melebihi

$$s = 300 \left(\frac{252}{f_s} \right) \quad (27)$$

2.2.2 Struktur Tangga

a. Perencanaan Dimensi Tangga

Merencanakan dimensi anak tangga dan bordes. Merencanakan dimensi injakan dengan persyaratan :

$$0,6 < (2t + i) < 0,65 \dots (\text{meter})$$

Dimana t = tanjakan < 25 cm, i = injakan dengan $25 \text{ m} < i < 40$ cm dan maksimal sudut tangga 40° .

b. Pembebanan Tangga

1. Pembebanan pada anak Tangga :
 - Beban Mati berdasarkan PPIUG 1983 pasal 2.1.1
 - Berat sendiri
 - Spesi
 - Berat railing
 - Keramik
 - Beban Hidup 500 kg/m^2 berdasarkan PPIUG 1983 pasal 2.1.2
2. Pembebanan pada bordes
 - Beban Mati berdasarkan PPIUG 1983 pasal 2.1.1
 - Berat sendiri
 - Spesi
 - Keramik
 - Beban Hidup 500 kg/m^2 berdasarkan PPIUG 1983 pasal 2.1.2

c. Penulangan Struktur Tangga

Penulangan pada plat anak tangga dan plat bordes menggunakan perhitungan sesuai prinsip perencanaan plat.

2.2.3 Struktur Atap

Struktur atap menggunakan struktur beton bertulang sehingga perhitungan sama dengan pelat.

2.2.4 Balok

a. Perencanaan dimensi balok

Untuk menentukan tinggi balok, dapat menggunakan acuan **SNI 03-2847-2002, Tabel 8**, sedangkan lebarnya dapat diambil dari nilai $2/3$ dari tinggi balok yang telah didapat.

Tabel 2.14 Tebal minimum balok non-prategang atau pelat satu arah
(bila lendutan tidak dihitung)

	Tebal minimum (h)			
Komponen struktur	Dua tumpuan sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
	Komponen yang tidak menahan atau tidak disatukan dengan partisi atau kontruksi lain yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat massif satu arah	1/20	1/24	1/28	1/10
Balok atau pelat rusak satu arah	1/16	1/18,5	1/21	1/8
CATATAN ► Panjang bentang dalam mm ► Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal ($W_c = 2400 \text{ kg/m}^3$) dan tulangan BJTD 40. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasikan sebagai berikut: c. Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis diantara 1500 kg/m^3 sampai 2000 kg/m^3 , nilai tadi harus dikalikan dengan $(1,65 - 0,0003 W_c)$ tetapi tidak kurang dari 1,09, dimana W_c adalah berat jenis dalam kg/m^3 d. Untuk f_y selain 400 Mpa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + \frac{f_y}{400})$.				

b. Perhitungan tulangan lentur

Momen tumpuan dan lapangan pada balok diperoleh dari output program bantuan SAP 2000.

Tabel 2.15 Penulangan Lentur Balok

SUMBER	PERSAMAAN
<i>SNI 03-2847-2002, Pasal 24.5</i>	$M_n = \frac{M_u}{\phi}$
<i>SNI 03-2847-2002, Pasal 12.5</i>	$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$
<i>SNI-03-2847-2002, Pasal 10.4</i>	$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$
<i>SNI-03-2847-2002, Pasal 12.3</i>	$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b$
<i>Wang, C. Salmon hal. 55 pers.3.8.4.a</i>	$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'}$
<i>Wang, C. Salmon hal. 55 pers.3.8.4.a</i>	$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right)$

$$x_{\text{rencana}}, \text{ dimana } x < 0,75 \cdot b \quad (28)$$

$$d = b_w - \text{decking} - \varnothing_{\text{senggang}} - \frac{1}{2} \varnothing_{\text{tul.utama}} \quad (29)$$

$$d' = \text{decking} + \varnothing_{\text{senggang}} + \frac{1}{2} \varnothing_{\text{tul.utama}} \quad (30)$$

$$Cc = T_1 = 0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot b \cdot x \quad (31)$$

$$A_{sc} = \frac{T_1}{f_y} \quad (32)$$

$$M_{ns} = M_n - M_{nc} \quad (33)$$

$$M_{ns} = \frac{M_u}{\phi} - M_n \quad (34)$$

- Jika $(M_n - M_{nc}) > 0$, maka perlu tulangan rangkap, untuk menentukan kebutuhan tulangan rangkapnya dapat digunakan langkah-langkah berikut ini:

$$C_s = T_2 = \frac{M_n - M_{nc}}{d - d''} \quad (35)$$

$$f_s' = \left(\frac{x - d''}{x} \right) \times 600 \quad (36)$$

Jika $f_s' > f_y$, maka tulangan tekan leleh

Jika $f_s' = f_y$, maka

Jika $f_s' < f_y$, maka tulangan tekan tidak leleh

$$A_s' = \frac{C_s}{f_s' - 0,85f_c'} \quad (37)$$

$$A_{ss} = \frac{T_2}{f_y} \quad (38)$$

Tulangan perlu

$$A_s = A_{sc} + A_{ss} \quad (39)$$

$$A_s = A_s' \quad (40)$$

Kontrol jarak spasi tulangan

$$s = \frac{b_w - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \phi_{\text{tul.sengkang}}) - (n \times \phi_{\text{tul.utama}})}{n - 1} \quad (41)$$

Kontrol kekuatan

$$M_n \geq \frac{M_u}{\phi} \quad (42)$$

- Jika $(M_n - M_{nc}) < 0$, maka perlu tulangan tunggal, untuk menentukan kebutuhan tulangan tunggalnya dapat digunakan langkah-langkah berikut ini:

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \quad (43)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \quad (44)$$

Jika $\rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\text{min}}$, maka ρ_{perlu} dinaikkan 30%, sehingga

$$\rho_{\text{pakai}} = 1,3 \cdot \rho_{\text{perlu}} \quad (45)$$

$$A_s = \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d \quad (46)$$

- Momen-momen balok akibat beban terbagi rata q per-satuan panjang balok, ditetapkan sebagai berikut sesuai PBBI 1971 pasal 13.2.3

$$\text{Momen} = \text{koefisien} \times q l^2 \quad (47)$$

- Pelindung Beton untuk Tulangan sesuai SNI 03-2847-2002 Pasal 9.7

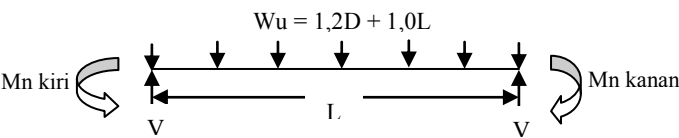
Tabel 2.16 Pelindung Beton untuk Tulangan

	Tebal selimut Minimum (mm)
a) Beton yang dicor diatas dan selalu berhubungan dengan tanah	75
b) Beton yang berhubungan dengan tanah atau cuaca : Batang D-19 hingga D-56 Batang D-16, kawat M-16 ulir atau polos, dan yang lebih kecil	50 40
c) Beton yang tidak berhubungan dengan cuaca atau berhubungan dengan tanah : <u>Pelat, dinding, balok usuk :</u> Batang D-44 dan D-56 Batang D-36 dan yang lebih kecil <u>Balok, kolom :</u> Tulangan utama, pengikat, sengkang, spiral	40 20 40 20 15

<u>Komponen struktur cangkang pelat lipat :</u> Batang D-19 dan yang lebih besar Batang D-16, kawat M-16 ulir atau polos dan yang lebih kecil	
---	--

c. **Perhitungan tulangan geser**

- Penentuan Vu, Vc, Vs, dan Vn
Gaya lintang maksimum yang diperoleh dari kombinasi beban rencana termasuk pengaruh beban gempa (E), dimana E diambil sebesar dua kali nilai yang ditentukan dalam peraturan perencanaan tahan gempa.



Gambar 2.2 Gaya lintang rencana pada balok untuk SRPMM

Tabel 2.17 Perhitungan Penulangan Geser Balok

SUMBER	PERSAMAAN
<i>SNI 03-2847-2002, Pasal 23.10.3(2)</i>	$V_u = \frac{M_{n(kiri)} + M_{n(kanan)}}{L_n} + \frac{W_u}{2}$
<i>SNI 03-2847-2002, Pasal 13.1.1</i>	$V_n = V_c + V_s$
<i>SNI-03-2847-2002, Pasal 13.3.1(1)</i>	$V_{S(min)} = \frac{1}{3} \times b_w \times d$
<i>SNI-03-2847-2002, Pasal 13.5.4(3)</i>	$V_{S(max)} = \phi \sqrt{f_c'} \times \frac{1}{3} b_w \times d$
<i>SNI-03-2847-2002, Pasal 13.5.6(2)</i>	$V_s = \frac{A_v \times f_y \times d}{s}$
<i>SNI-03-2847-2002, Pasal 13.5.5(3)</i>	$A_v = \frac{b \times w}{3f_y}$

- Nilai f_c' yang digunakan di dalam pasal ini tidak boleh melebihi 25/3 Mpa, kecuali seperti yang diizinkan di dalam 13.1(2(1)) sesuai SNI 03-2847-2002, Pasal 13.1.2

- Kuat geser beton yang dibebani oleh geser dan lentur $\phi V_u \geq V_n$

- Kontrol kondisi

- Kondisi 1

$$V_u \leq 0,5 \times \phi \times V_c \rightarrow (\text{Tidak perlu tulangan geser})$$

- Kondisi 2

$$0,5 \times V_c \leq V \leq \phi \times V_c \rightarrow (\text{Tidak perlu tulangan geser minimum})$$

$$(V_{s\text{perlu}} = V_{s\text{min}})$$

- Kondisi 3

$$\phi \times V_c < V_u \leq (\phi \times V_c + \phi \times V_{s(\text{min})}) \rightarrow (\text{Perlu tulangan geser minimum})$$

$$(V_{s\text{perlu}} = V_{s\text{min}})$$

- Kondisi 4

$$(\phi \times V_c + \phi \times V_{s(\text{min})}) < V_u \leq (\phi \times V_c + \phi \times V_{s(\text{max})})$$

$$\rightarrow (\text{Perlu tulangan geser Minimum})$$

$$(\phi V_{s(\text{perlu})} = V_u - \phi \times V_c)$$

d. Perhitungan tulangan torsi (puntir)

Pengaruh puntir pada struktur non-prategang dapat diabaikan bila nilai momen puntir terfaktor T_u sesuai SNI 03-2847-2002, Pasal 13.6.1a besarnya kurang dari:

$$T_u = \frac{\phi \sqrt{f_c'} \left(\frac{A_{CP}^2}{P_{CP}} \right)}{12} \quad (48)$$

Tulangan yang dibutuhkan untuk menahan puntir sesuai SNI 03-2847-2002, Pasal 13.6.3.5 adalah:

$$\phi T_n \geq T_u \quad (49)$$

Sedangkan tulangan sengkang yang dibutuhkan untuk menahan puntir sesuai SNI 03-2847-2002, Pasal 13.6.3.6 adalah sebagai berikut:

$$T_n = \frac{2 \times A_0 \times f_{yv}}{s} \cot \theta \quad (50)$$

e. Perhitungan panjang penyaluran tulangan

- Panjang penyaluran (l_d), dinyatakan dalam diameter d_b . Nilai l_d tidak boleh kurang dari 300 mm.
- Untuk batang ulir atau kawat ulir, nilai l_d/d_b harus diambil sesuai SNI 03-2847-2002, Pasal 14.2 tabel 11 sebagai berikut:

Tabel 2.18 Panjang penyaluran batang ulir dan kawat ulir

	Batang D-19 dan lebih kecil atau kawat ulir	Batang D-22 atau lebih besar
Spasi bersih batang-batang yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari d_b , dan sengkang atau sengkang ikat yang dipasang disepanjang l_d tidak kurang dari persyaratan minimum sesuai peraturan atau spasi bersih batang-batang yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari $2d_b$ dan selimut beton bersih tidak kurang dari d_b	$\frac{l_d}{d_b} = \frac{12 \cdot f_y \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \lambda}{25 \cdot \sqrt{f'_c}}$	$\frac{l_d}{d_b} = \frac{3 \cdot f_y \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \lambda}{5 \cdot \sqrt{f'_c}}$

Kasus-kasus lain	$\frac{I_d}{d_b} = \frac{18 \cdot f_y \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \lambda}{25 \cdot \sqrt{f'_c}}$	$\frac{I_d}{d_b} = \frac{9 \cdot f_y \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \lambda}{10 \cdot \sqrt{f'_c}}$
------------------	--	---

Panjang penyaluran (l_d) dalam mm, untuk batang ulir yang berada dalam kondisi tekan harus dihitung dengan mengalikan panjang penyaluran dasar l_{db} . Nilai l_d tidak boleh kurang dari 200 mm. Panjang penyaluran dasar l_{db} harus diambil sesuai SNI 03-2847-2002, Pasal 14.3 sebesar:

$$\frac{d_b \times f_y}{4 \times \sqrt{f'_c}} \quad (51)$$

Dan tidak kurang dari $0,04 \times d_b \times f_y$

2.2.5 Kolom

a. Perencanaan dimensi kolom

$$\frac{I_{\text{kolom}}}{L_{\text{kolom}}} \geq \frac{I_{\text{balok}}}{L_{\text{balok}}} \quad (52)$$

$$\begin{aligned} \text{Dimana: } I_{\text{kolom}} &= \text{inersia kolom } (1/12 \times b \times h^3) \\ L_{\text{kolom}} &= \text{tinggi bersih kolom} \\ I_{\text{balok}} &= \text{inersia balok } (1/12 \times b \times h^3) \\ L_{\text{balok}} &= \text{tinggi bersih balok} \end{aligned}$$

$$b_k \text{ dan } d_k \geq 250 \text{ mm}$$

$$\frac{h_k}{b_k \cdot \text{atau} \cdot d_k} \leq 25 \quad (53)$$

b. Penulangan kolom

1. Kontrol kelangsingan kolom

Tabel 2.19 Kontrol Kelangsingan Kolom

SUMBER	PERSAMAAN
<i>SNI 03-2847-2002, Pasal 12.11.6</i>	$\psi = \frac{\sum \left(\frac{EI}{\lambda} \right)_{\text{kolom}}}{\sum \left(\frac{EI}{\lambda} \right)_{\text{balok}}}$

SNI 03-2847-2002, Pasal 12.12.3	$EI = \frac{(0,2E_c I_g) + (E_c I_g)}{1 + \beta_d} \text{ atau}$ $EI = \frac{0,4 \times E_c I_g}{1 + \beta_d},$ <p>pilih yang terkecil</p>
SNI-03-2847-2002, Pasal 12.12.3	$P_c = \frac{\pi^2 \times EI_{\text{kolom}}}{(k \times \lambda_y)^2}$
SNI-03-2847-2002, Pasal 12.12.2	$\frac{k \times l_u}{r} \leq 34 - 12 \left(\frac{M_1}{M_2} \right),$ <p>Portal tak Bergoyang</p>
SNI-03-2847-2002, Pasal 12.13.2	$\frac{k \times l_u}{r} \leq 22, \text{ Portal Bergoyang}$
SNI-03-2847-2002, Pasal 12.11.5	$\frac{k \times l_u}{r} \geq 100, \text{ maka diperlukan}$ <p>perhitungan momen orde dua</p>

2. Pembesaran momen

Tabel 2.20 Pembesaran Momen

SUMBER	PERSAMAAN
SNI 03-2847-2002, Pasal 12.12.3	$M_c = \delta_{ns} \times M_2, \text{ untuk}$ <p>rangka portal tak bergoyang</p> $\delta_{ns} = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{0,75 \times P_c}} \geq 1$
SNI 03-2847-2002, Pasal 12.13.3	$M_1 = M_{1ns} + \delta_s M_{1s}$
SNI-03-2847-2002, Pasal 12.12.3	$M_2 = M_{2ns} + \delta_s M_{2s}, \text{ Portal}$ <p>Bergoyang</p>
SNI-03-2847-2002, Pasal 12.12.2	$\frac{k \times l_u}{r} \leq 34 - 12 \left(\frac{M_1}{M_2} \right),$ <p>Portal tak Bergoyang</p>

SNI-03-2847-2002, Pasal 12.13.2	$\frac{k \times l_u}{r} \leq 22$, Portal Bergoyang
SNI-03-2847-2002, Pasal 12.11.5	$\frac{k \times l_u}{r} \geq 100$, maka diperlukan perhitungan momen orde dua

3. Perhitungan Penulangan Lentur

Hitung :

$$\frac{P_u}{A_g} \text{ dan } \frac{\Phi M_u}{A_g \times h} \quad (54)$$

ρ_{perlu} didapat dari diagram interaksi

$$A_s = \rho_{\text{perlu}} \times b \times h \quad (55)$$

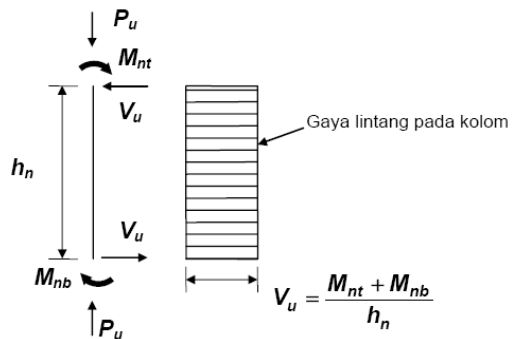
4. Perhitungan penulangan geser

$$V_u \geq \frac{M_{nt} + M_{nb}}{h_n} \quad (56)$$

Gaya geser yang disumbangkan beton akibat gaya tekan aksial sesuai SNI 03-2847-2002, Pasal 13.3.1.2

$$V_c = \left(1 + \frac{N_u}{14 \times A_g} \right) \left(\frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \times b_w \times d \right) \quad (57)$$

(untuk daerah lapangan nilai V_c diambil setengah dari nilai tumpuan)



Gambar 2.3. Gaya lintang Rencana Pada Kolom Untuk SRPMM

5. Jarak spasi tulangan pada kolom

Menurut **SNI 03-2847-2002 Pasal 23.10**, syarat untuk menentukan jarak spasi maksimum tulangan pada kolom adalah sebagai berikut:

Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

- ▶ $d/4$
- ▶ $\leq 8 \times \emptyset$ tulangan longitudinal terkecil
- ▶ $\leq 24 \times \emptyset$ sengkang ikat
- ▶ $\leq 300\text{mm}$

Panjang **lo** tidak boleh kurang daripada nilai terbesar berikut ini :

- ▶ $1/6 \times$ tinggi bersih kolom
- ▶ Dimensi terbesar penampang kolom
- ▶ 500 mm
- ▶ Sengkang ikat pertama harus dipasang pada jarak tidak lebih daripada $0,5 \times S_o$ dari muka hubungan balok-kolom. (S_o adalah spasi maksimum tulangan transversal)
- ▶ Spasi sengkang ikat pada sembarang penampang kolom tidak boleh melebihi $2 \times S_o$

2.2.6 Pondasi

a. Perhitungan daya dukung tanah

$$C_n = \frac{C_{n1} + C_{n2}}{2} \quad (58)$$

Dimana : C_{n1} diambil 6D di atas ujung conus

C_{n2} diambil 3,5D di bawah ujung conus

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$= 40 \times N \times A_p + \left(\frac{N_{av} \times A_s}{5} \right) \quad (59)$$

Dimana : Q_u = daya dukung ultimate (ton)

Q_p = daya dukung ujung tiang

Q_s = daya dukung selimut tiang

N = nilai SPT pada ujung tiang

N_{av} = rata-rata nilai SPT sepanjang tiang

A_p = luas permukaan ujung tiang

A_s = luas selimut tiang

SF = 3 Perencanaan struktur

Kekuatan Tanah

$$P_{t(ijin)} = \frac{A_{tiang}}{SF_1} + \frac{K_{ell} \cdot tiang \times JHP}{SF_2} \quad (60)$$

$$\begin{aligned} \text{Dimana : } SF_{1\text{conus}} &= 2-3 \\ SF_{2\text{cleef}} &= 5 \end{aligned}$$

$$Q_{ijin} = \frac{Q_U}{SF} \quad (61)$$

b. Perencanaan tiang pancang

- Perhitungan jarak antar tiang pancang :
 $2,5 D \leq S \leq 4D$
- Perhitungan jarak tiang pancang ke tepi poer :
 $1,5D \leq S1 \leq 2D$
- Efisiensi

$$(\eta) = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 \times m \times n} \quad (62)$$

$$\theta = \arctg\left(\frac{D}{S}\right),$$

dengan D adalah diameter tiang pancang dan S adalah jarak antar tiang pancang.

$$P_{group\text{tiang}} = (\eta) \times P_{ijin} \quad (63)$$

- Gaya yang dipikul tiang

$$P_{\text{satu.TP}} = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_y \cdot X_{\max}}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot Y_{\max}}{\sum y^2} \quad (64)$$

- Kontrol tiang pancang

$$P_{\max} \leq P_{ijin}$$

$$P_{\min} \leq P_{ijin}$$

$$P_{\max} \leq P_{\text{group tiang}}$$

c. Perencanaan Pile Cap (poer)

● Penulangan Lentur Poer

► Rencanakan ketinggian (h) poer

► Tentukan momen yang terjadi :

$$M_U = (P \cdot x) - \left(\frac{1}{2} \cdot q \cdot l^2 \right) \quad (65)$$

► Hitung Penulangan :

Tabel 2.21 Penulangan Lentur Poer

SUMBER	PERSAMAAN
SNI 03-2847-2002, Pasal 12.5	$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$
Wang, C. Salmon hal. 55 pers.3.8.4.a	$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'_c}$
Wang, C. Salmon hal. 55 pers.3.8.4.a	$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right)$
	$A_s = \rho \times b \times d$

● Penulangan Geser Poer

Untuk perencanaan poer, nilai V_c harus diambil sebagai nilai terkecil dari persamaan-persamaan berikut:

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c} \right) \frac{\sqrt{f'_c} \cdot b_o \cdot d}{6} \quad (66)$$

$$V_c = \left(\frac{\alpha_s \cdot d}{b_o} + 2 \right) \frac{\sqrt{f'_c} \cdot b_o \cdot d}{12} \quad (67)$$

$$V_c = \frac{1}{3} \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times d \quad (68)$$

Cek kondisi perencanaan geser sesuai SNI 03-2847-2002, Pasal 13.12.2.1.(c)

$$a. Vu \leq 0,5 \cdot \phi \cdot Vs$$

Tidak perlu tulangan geser

$$b. 0,5 \cdot \phi \cdot Vs \leq Vu \leq \phi \cdot Vc$$

Perlu tulangan geser

$$A_{V(\min)} = \frac{b_w \cdot s}{3 \cdot f_y}$$

$$V_{S(\min)} = \frac{1}{3} \times b_w \times d$$

$$S_{\max} \leq d/2 \leq 600\text{mm}$$

Spasi tulangan geser maksimum :

$$\text{a. } \phi \cdot V_c \leq V_u \leq \phi (V_c + V_{S(\min)})$$

Tulangan geser maksimum

$$A_{V(\min)} = \frac{b_w \cdot s}{3 \cdot f_y}$$

$$V_{S(\min)} = \frac{1}{3} \times b_w \times d$$

$$S_{\max} \leq d/2 \leq 600\text{mm}$$

$$\text{b. } \phi (V_c + V_{S(\min)}) \leq V_u \leq \phi (V_c + \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d)$$

Tulangan geser maksimum

$$\phi V_{S(\text{perlu})} = V_u - \phi \cdot V_c$$

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s}$$

$$S_{\max} \leq d/2 \leq 600\text{mm}$$

$$\text{c. } \phi (V_c + \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d) \leq V_u \leq \phi (V_c + \frac{2}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d)$$

Perlu tulangan geser

$$\phi V_{s(\text{perlu})} = V_u - \phi \cdot V_c$$

$$A_v = \frac{V_s \cdot s}{f_y \cdot d}$$

d. Panjang penyaluran tulangan kolom

- Tulangan kondisi tarik sesuai SNI 03-2847-2002, Pasal 14.2.2 dan Pasal 14.3.2

$$\frac{\lambda_d}{d_s} = \frac{3.f_y.\alpha.\beta.\lambda}{5\sqrt{f_c'}} \geq 300 \text{ mm} \quad (69)$$

$$\text{Tulangan lebih} = \frac{A_{S(\text{perlu})}}{A_{S(\text{perlu})}} \times \lambda_d \quad (70)$$

- Tulangan kondisi tekan sesuai SNI 03-2847-2002, Pasal 14.3.2 dan Pasal 14.2.5

$$\lambda_d = \frac{d_b \times f_y}{4 \times \sqrt{f_c'}} \geq 0,04 \times d_b \times f_y \quad (71)$$

$$\text{Tulangan lebih} = \frac{A_{S(\text{perlu})}}{A_{S(\text{perlu})}} \times \lambda_d \quad (72)$$

- Tulangan berkait dalam kondisi tarik sesuai SNI 03-2847-2002, Pasal 14.5.2

$$\lambda_{hb} = \frac{100 \times d_b}{\sqrt{f_c'}} \quad (73)$$

(untuk batang dengan f_y sama dengan 400 MPa)

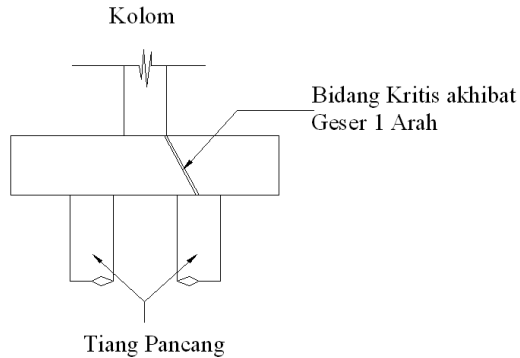
e. Kontrol geser pons poer

Untuk merencanakan tebal poer harus memenuhi syarat yaitu kuat geser nominal beton harus lebih besar dari geser pons yang terjadi, dimana V_c diambil dari persamaan-persamaan berikut:

1. Geser satu arah pada poer

- Tentukan beban poer $q_t = \frac{P}{\text{Luas.poeer}}$
- Menentukan luasan tributary akibat geser satu arah
- Kontrol “d” (tebal poer) berdasarkan gaya geser satu arah
- $\sigma_u = \frac{\sum P}{A}$
- $V_u = \sigma_{u_x} (\text{luas total poer} - \text{luas pons})$

- Kontrol perlu tulangan geser
 $\phi V_c > V_u$ (tidak perlu tulangan geser)
 $\phi V_c < V_u$ (Perlu tulangan geser)
 Jika $\phi V_c < V_u$ (perlu tulangan geser),
 maka dimensi poer diperbesar



Gambar 2.4 Bidang Kritis Akibat Geser 1 Arah

2. Geser dua arah pada poer

- Kontrol kemampuan beton sesuai SNI 03-2847-2002, Pasal 13.12.2.1(a), Pasal 13.12.2.1(b), dan 13.12.2.1(c) :

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \times b_0 \times d \quad (74)$$

Dimana :

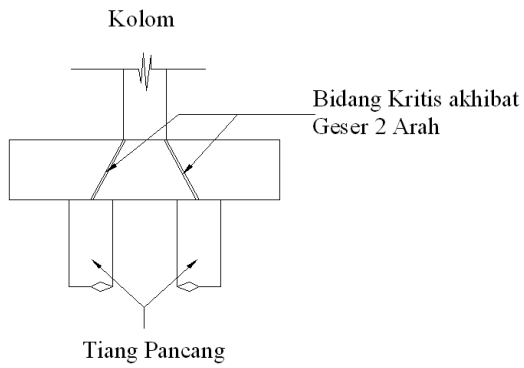
β_c = rasio dari sisi panjang terhadap sisi pendek kolom

b_0 = keliling dari penampang kritis

$b_0 = 4(0,5d + b \text{ kolom} + 0,5d)$

$$V_c = \left[\frac{\alpha_s}{b_0} + 2 \right] \frac{\sqrt{f_c'} \times b_0 \times d}{12} \quad (75)$$

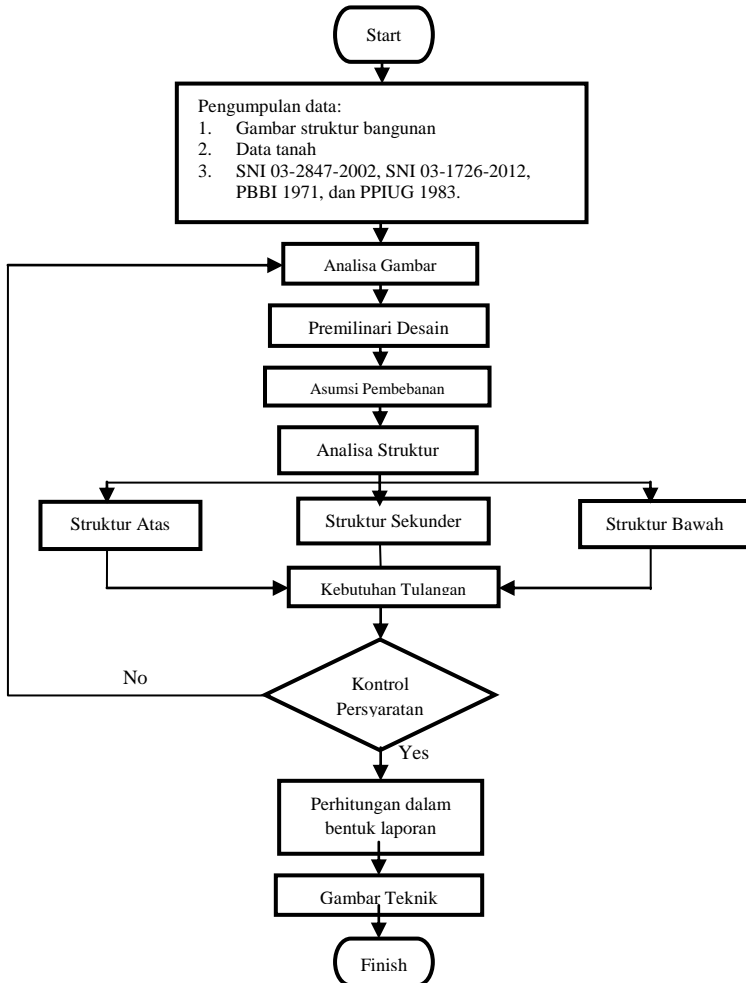
$$V_c = \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \times b_0 \times d \quad (76)$$



Gambar 2.5. Bidang Kritis Akibat Geser 2 Arah

BAB III METODOLOGI

Langkah-langkah dalam Perhitungan Struktur sebagai berikut :



Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Tugas Akhir

3.1. Pengumpulan Data

a) Data Gambar

Pengumpulan gambar rencana diperoleh gambar arsitektur berupa denah dan tampak bangunan. Dimana nantinya gambar rencana tersebut digunakan untuk menentukan dimensi komponen-komponen struktur gedung.

b) Data Tanah

Data tanah diperoleh dari Laboratorium Mekanika Tanah Diploma III Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITS. Data tanah berupa data SPT yang akan digunakan dalam perencanaan beban gempa serta dalam perencanaan struktur pondasi dan tiang pancang.

c) Literatur dari beberapa sumber (buku dan peraturan perencanaan).

3.2. Perhitungan Pembebanan

a) Beban Pada Pelat Lantai

Beban Mati (PPIUG 1983)

- Berat keramik
- Berat spesi
- Berat dinding
- Berat plafond beserta penggantung
- Berat pemasangan pemipaan air bersih, air kotor, dan listrik
- Berat sendiri pelat lantai

Beban Hidup (PPIUG 1983)

- Beban hidup diambil menurut fungsi bangunan tersebut (PPIUG 1983)

b) Beban Pada Pelat Lantai Atap

Beban Mati (PPIUG 1983)

- Berat sendiri pelat lantai atap
- Berat plafond beserta penggantung
- Berat pemasangan pemipaan air bersih, air kotor, dan listrik
- Beban pelaksana (pekerja)

Beban Hidup (PPIUG 1983)

- Beban hidup diambil menurut fungsi bangunan tersebut (PPIUG 1983) (Jika pada atap didapat beban hidup pelaksana/pekerja sebesar 100 Kg/m^2)

c) Beban Pada Tangga dan Bordes

Beban Mati (PPIUG 1983)

- Berat sendiri tangga dan bordes
- Berat pegangan tangga
- Berat keramik dan spesi

Beban Hidup (PPIUG 1983)

- Beban hidup tangga dan bordes diambil menurut fungsi gedung tersebut

Beban Gempa

- Analisa beban gempa
- Perhitungan gaya gempa menggunakan metode beban statik ekuivalen yang mengacu pada SNI 1326:2012
- Input gaya gempa menggunakan bantuan program bantu SAP 2000

Beban Angin

(Untuk struktur atap)

3.3. Perencanaan Dimensi Struktur

- Menentukan tebal pelat
- Mengacu pada peraturan SNI 03-2847-2002
- Menentukan dimensi balok
- Mengacu pada peraturan SNI 03-2847-2002
- Menentukan dimensi kolom
- Mengacu pada peraturan SNI 03-2847-2002

3.4. Analisa Struktur

- a) Struktur pondasi : poer dan tiang pancang
- b) Struktur Atas : balok, kolom, pelat dan tangga
- c) Struktur Bawah : sloof dan kolom pendek

3.5. Analisa Gaya Dalam (M,D,N)

Besarnya nilai gaya dalam dapat diperoleh dari program bantu SAP 2000 dan PCACOL. Nilai kombinasi yang digunakan sebagai analisis perhitungan gaya dalam adalah :

- COMB (1,4DL)
- COMB (1,2DL+1,0LL)
- COMB (1,2DL+1,0LL+1,6W+0,5(A atau R))
- COMB (1,2DL+1,0LL-1,6W+0,5(A atau R))
- COMB (0,9DL+1,6W)
- COMB (0,9DL-1,6W)
- COMB (1,2DL+1,6LL)
- COMB (1,2DL+1,0LL+1,0EQ_x+0,3EQ_y)
- COMB (1,2DL+1,0LL-1,0EQ_x-EQ_y)
- COMB (1,2DL+1,0LL+0,3EQ_x+EQ_y)
- COMB (1,2DL+1,0LL-0,3EQ_x-EQ_y)
- COMB (1,0DL+1,0LL)
- COMB (0,9DL+1,0EQ_x+0,3EQ_y)
- COMB (0,9DL-1,0EQ_x-0,3EQ_y)
- COMB (0,9DL+0,3EQ_x+1,0EQ_y)
- COMB (0,9DL-0,3EQ_x-1,0EQ_y)

Keterangan :

DL : Beban Mati

LL : Beban Hidup

WL : Beban Angin

EL : Beban Gempa

3.6. Perhitungan Penulangan

Penulangan dihitung berdasarkan SNI 03-2847-2002 dengan memperhatikan standar penulangan balok, kolom, dan pondasi data acuan yang digunakan adalah data-data yang diperoleh dari output program bantu SAP 2000

- a) Momen (M), Gaya Geser (V), Momen Torsi (T), dan Nilai Gaya Aksial (P) di dapat dari output SAP 2000. kemudian dihitung kebutuhan tulangan pada kolom, balok, dan pondasi
- b) Perhitungan penulangan geser, lentur, dan puntir pada semua komponen struktur utama
- c) Kontrol masing-masing perhitungan penulangan
- d) Penggambaran detail penulangan

3.7. Gambar Rencana

Gambar perencanaan meliputi :

1. Gambar denah
2. Gambar tampak
3. Gambar potongan memanjang
4. Gambar potongan melintang
5. Gambar penulangan balok
6. Gambar penulangan kolom
7. Gambar penulangan sloof
8. Gambar penulangan pelat
9. Gambar penulangan tangga
10. Gambar detail panjang penyaluran
11. Gambar detail penjangkaran tulangan
12. Gambar detail pondasi dan poer

- 13. Gambar detail balok
- 14. Gambar detail kolom
- 15. Gambar detail pondasi
- 16. Gambar detail sloof

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Perencanaan Dimensi Struktur

Dalam merencanakan struktur bangunan Gedung, langkah awal yang perlu diketahui adalah dimensi-dimensi komponen struktur yang akan digunakan dalam perhitungan struktur bangunan tersebut.

4.1.1 Perencanaan Dimensi Balok

Penentuan tinggi balok min (h_{\min}) dihitung berdasarkan SNI 03-2847-2002 Tata Cara Perhitungan Beton Bangunan Gedung Pasal 11.5 tabel 8 dimana bila persyaratan telah terpenuhi maka tidak perlu dikontrol terhadap lendutan.

1. Dua tumpuan sederhana :

$$h_{\min} = \frac{1}{16} \times Lb$$

2. Dua tumpuan menerus :

$$h_{\min} = \frac{1}{21} \times Lb$$

3. Kantilever atau Balok Konsol :

$$h_{\min} = \frac{1}{8} \times Lb$$

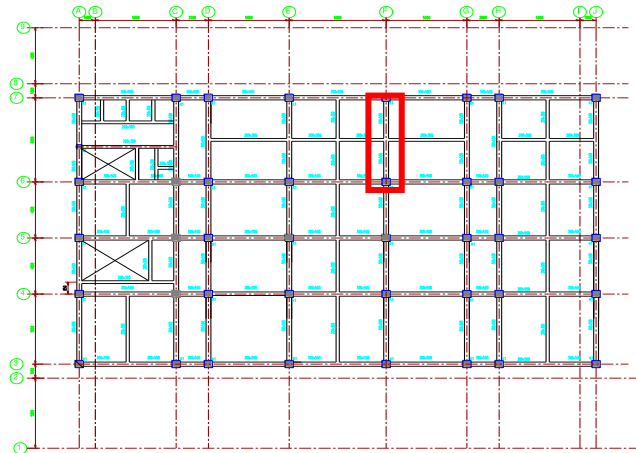
Adapun data perencanaan, gambar denah perencanaan, ketentuan perencanaan, perhitungan perencanaan, hasil gambar perencanaan awal struktur Gedung Perpustakaan UPN Veteran Surabaya adalah sebagai berikut :

➤ **Balok Induk Melintang**

- a. Data perencanaan :

- Tipe balok : B1
- As balok : joint F (6-7)
- Bentang balok, L_{balok} : 600 cm
- Kuat Leleh tulangan lentur (f_y) : 400 Mpa

b. Gambar Denah Perencanaan



Gambar 4.1 Denah Perencanaan Dimensi Balok Induk Melintang

c. Perhitungan Perencanaan :

→ **SNI 03-2847-2002 pasal 11.5 tabel 8**

- Komponen struktur balok dua tumpuan sederhana untuk perencanaan tebal minimum (h_{\min})

menggunakan $\frac{1}{16} \times Lb$

- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) selain 400 Mpa, hasil nilai perencanaan tebal minimum (h_{\min}) harus dikalikan dengan $0,4 \times \frac{f_y}{700}$

$$h \geq L/12$$

$$b = 2/3 \times h$$

$$h \geq 600 \text{ cm}/12$$

$$b = 2/3 \times 50 \text{ cm}$$

$$h \geq 50 \text{ cm}$$

$$b = 33 \text{ cm}$$

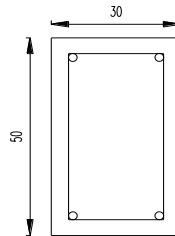
$$h = 50 \text{ cm}$$

$$\text{direncanakan } b \approx 30 \text{ cm}$$

$$\text{direncanakan } h = 50 \text{ cm}$$

- ✓ Maka direncanakan dimensi Balok Induk Melintang (B1) dengan ukuran 30/50

d. Hasil akhir Gambar Perencanaan :



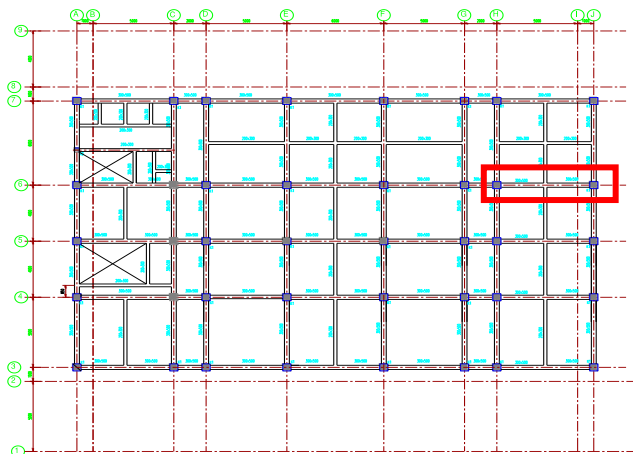
Gambar 4.2 Dimensi Balok Induk Melintang

➤ Balok Induk Memanjang

a. Data Perencanaan :

- Tipe balok : B2
- As balok : joint 6 (H-J)
- Bentang balok, L_{balok} : 600 cm
- Kuat Leleh tulangan lentur (f_y) : 400 Mpa

b. Gambar Denah Perencanaan



Gambar 4.3 Denah Perencanaan Dimensi Balok Induk Memanjang

c. Perhitungan Perencanaan :

→ **SNI 03-2847-2002 pasal 11.5 tabel 8**

- Komponen struktur balok dua tumpuan sederhana untuk perencanaan tebal minimum (h_{\min}) menggunakan $\frac{1}{16} \times Lb$

- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) selain 400 Mpa, hasil nilai perencanaan tebal minimum (h_{\min}) harus dikalikan dengan $0,4 \times \frac{f_y}{700}$

$$h \geq L/12$$

$$b = 2/3 \times h$$

$$h \geq 600 \text{ cm}/12$$

$$b = 2/3 \times 50 \text{ cm}$$

$$h \geq 50 \text{ cm}$$

$$b = 33 \text{ cm}$$

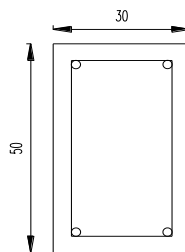
$$h = 50 \text{ cm}$$

$$\text{direncanakan } b \approx 30 \text{ cm}$$

$$\text{direncanakan } h = 50 \text{ cm}$$

✓ Maka direncanakan dimensi Balok Induk Memanjang (B2) dengan ukuran 30/50

d. Hasil akhir Gambar Perencanaan :



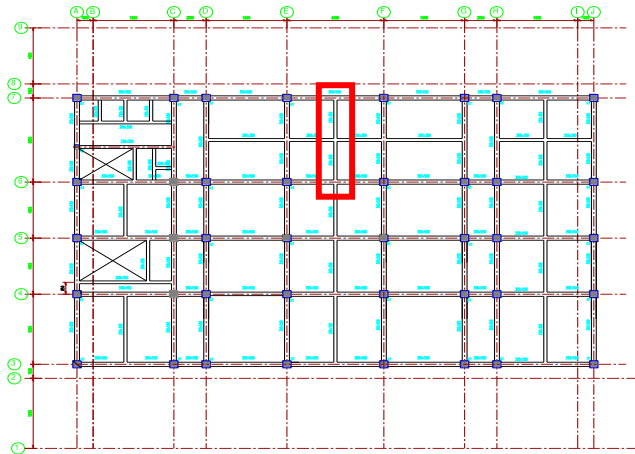
Gambar 4.4 Dimensi Balok Induk Memanjang

➤ Balok Anak Melintang

a. Data Perencanaan :

- Tipe balok : B3
- As balok : joint E' (6-7)
- Bentang balok, L_{balok} : 600 cm
- Kuat Leleh tulangan lentur (f_y) : 400 Mpa

b. Gambar Denah Perencanaan



Gambar 4.5 Denah Perencanaan Dimensi Balok Anak Melintang

c. Perhitungan Perencanaan :

→ **SNI 03-2847-2002 pasal 11.5 tabel 8**

- Komponen struktur balok dua tumpuan sederhana untuk perencanaan tebal minimum (h_{\min}) menggunakan $\frac{1}{21} \times Lb$
- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) selain 400 Mpa, hasil nilai perencanaan tebal minimum (h_{\min}) harus dikalikan dengan $0,4 \times \frac{f_y}{700}$

$$h \geq L/21$$

$$b = 2/3 \times h$$

$$h \geq 600 \text{ cm}/21$$

$$b = 2/3 \times 30 \text{ cm}$$

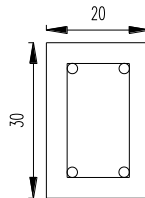
$$h \geq 28,57 \text{ cm}$$

$$b = 20 \text{ cm}$$

direncanakan $h \approx 30 \text{ cm}$ direncanakan $b = 20 \text{ cm}$

✓ Maka direncanakan dimensi Balok Anak Melintang (B3) dengan ukuran 20/30

d. Hasil akhir Gambar Perencanaan :



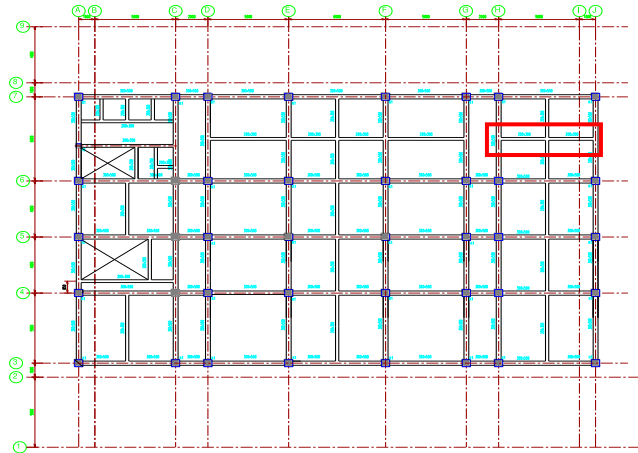
Gambar 4.6 Dimensi Balok Anak Melintang

➤ Balok Anak Memanjang

a. Data Perencanaan :

- Tipe balok : B4
- As balok : joint 6' (H-J)
- Bentang balok, $L_{\text{balok}} : 600 \text{ cm}$
- Kuat Leleh tulangan lentur (f_y) : 400 Mpa

b. Gambar Denah Perencanaan



Gambar 4.7 Denah Perencanaan Dimensi Balok Anak Memanjang

c. Perhitungan Perencanaan :

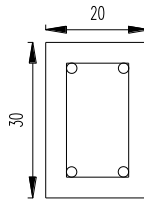
→ ***SNI 03-2847-2002 pasal 11.5 tabel 8***

- Komponen struktur balok dua tumpuan sederhana untuk perencanaan tebal minimum (h_{\min}) menggunakan $\frac{1}{21} \times Lb$
- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) selain 400 Mpa, hasil nilai perencanaan tebal minimum (h_{\min}) harus dikalikan dengan $0,4 \times \frac{f_y}{700}$

$$\begin{aligned}
 h &\geq L/21 & b &= 2/3 \times h \\
 h &\geq 600 \text{ cm}/21 & b &= 2/3 \times 30 \text{ cm} \\
 h &\geq 28,57 \text{ cm} & b &= 20 \text{ cm} \\
 h &\approx 30 \text{ cm} & \text{direncanakan } b &= 20 \text{ cm} \\
 \text{direncanakan } h &= 30 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

✓ Maka direncanakan dimensi Balok Anak Memanjang (B4) dengan ukuran 20/30

d. Hasil akhir Gambar Perencanaan :



Gambar 4.8 Dimensi Balok Anak Memanjang

4.1.2 Perencanaan Dimensi Kolom

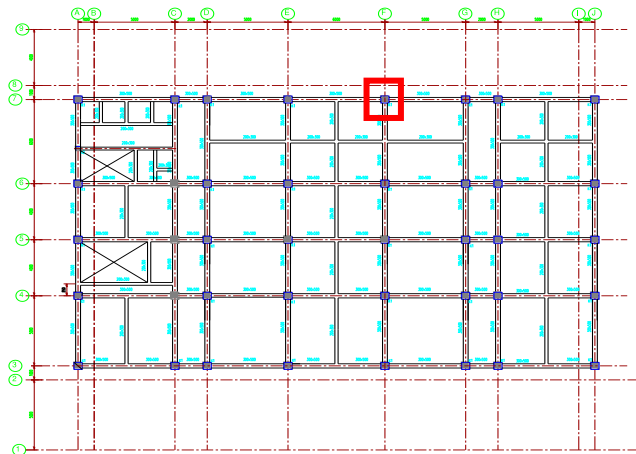
Data-data perencanaan, gambar denah perencanaan, ketentuan perencanaan, perhitungan perencanaan, hasil gambar perencanaan dimensi kolom dalam perencanaan awal struktur Gedung Perpustakaan UPN Veteran Surabaya adalah sebagai berikut :

➤ Kolom Tipe 1

a. Data Perencanaan

▪ Tipe kolom	:	K1
▪ As kolom	:	F-7
▪ Tinggi kolom,	H_{kolom}	: 500 cm
▪ Bentang balok,	L_{balok}	: 600 cm
▪ Dimensi balok,	b_{balok}	: 30 cm
▪ Dimensi balok,	h_{balok}	: 50 cm

b. Gambar Denah Perencanaan



Gambar 4.9 Denah Perencanaan Dimensi Kolom K1

c. Ketentuan Perencanaan

Dimensi kolom direncanakan berdasarkan ketentuan dasar bangunan SRPMM yaitu, kolom kuat balok lemah (Strong Column Weak Beam)

$$\frac{E_c \times I_{\text{kolom}}}{H_{\text{kolom}}} \geq \frac{E_c \times I_{\text{balok}}}{H_{\text{balok}}}$$

d. Perhitungan Perencanaan

$$\frac{E_c \times I_{\text{kolom}}}{H_{\text{kolom}}} \geq \frac{E_c \times I_{\text{balok}}}{H_{\text{balok}}}$$

$$\frac{1/12 \times b_k \times (h_k)^3}{H_{\text{kolom}}} \geq \frac{1/12 \times b_b \times (h_b)^3}{H_{\text{balok}}}$$

Dimana, $h_k = b_k$

$$\frac{1/12 \times (b_k)^4}{500} \geq \frac{1/12 \times 30 \times (50)^3}{600}$$

$$\frac{(b_k)^4}{500 \times 12} \geq 520,833$$

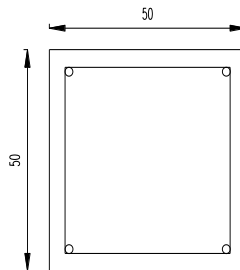
$$(b_k)^4 \geq 3124998$$

$$b_k \geq 42$$

$$b_k \approx 50$$

Maka direncanakan dimensi kolom (K1) dengan ukuran 50 cm x 50 cm

e. Hasil akhir Gambar Perencanaan :



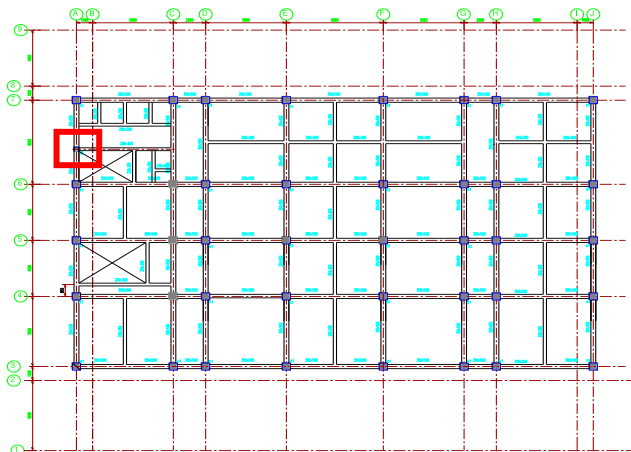
Gambar 4.10 Dimensi Kolom K1

➤ Kolom Tipe 2

a. Data Perencanaan

▪ Tipe kolom	:	K2
▪ As kolom	:	A-6"
▪ Tinggi kolom,	H_{kolom}	: 500 cm
▪ Bentang balok,	L_{balok}	: 600 cm
▪ Dimensi balok,	b_{balok}	: 20 cm
▪ Dimensi balok,	h_{balok}	: 30 cm

b. Gambar Denah Perencanaan



Gambar 4.11 Denah Perencanaan Dimensi Kolom K2

c. Ketentuan Perencanaan

Dimensi kolom direncanakan berdasarkan ketentuan dasar bangunan SRPMM yaitu, kolom kuat balok lemah (Strong Column Weak Beam)

$$\frac{E_c \times I_{\text{kolom}}}{H_{\text{kolom}}} \geq \frac{E_c \times I_{\text{balok}}}{H_{\text{balok}}}$$

d. Perhitungan Perencanaan

$$\frac{E_c \times I_{kolom}}{H_{kolom}} \geq \frac{E_c \times I_{balok}}{H_{balok}}$$

$$\frac{1/12 \times b_k \times (h_k)^3}{H_{kolom}} \geq \frac{1/12 \times b_b \times (h_b)^3}{H_{balok}}$$

Dimana, $h_k = b_k$

$$\frac{1/12 \times (b_k)^4}{500} \geq \frac{1/12 \times 20 \times (30)^3}{600}$$

$$\frac{(b_k)^4}{500 \times 12} \geq 75$$

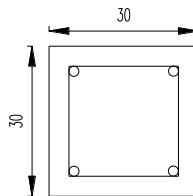
$$(b_k)^4 \geq 450000$$

$$b_k \geq 26$$

$$b_k \approx 30$$

Maka direncanakan dimensi kolom (K2) dengan ukuran 30 cm x 30 cm

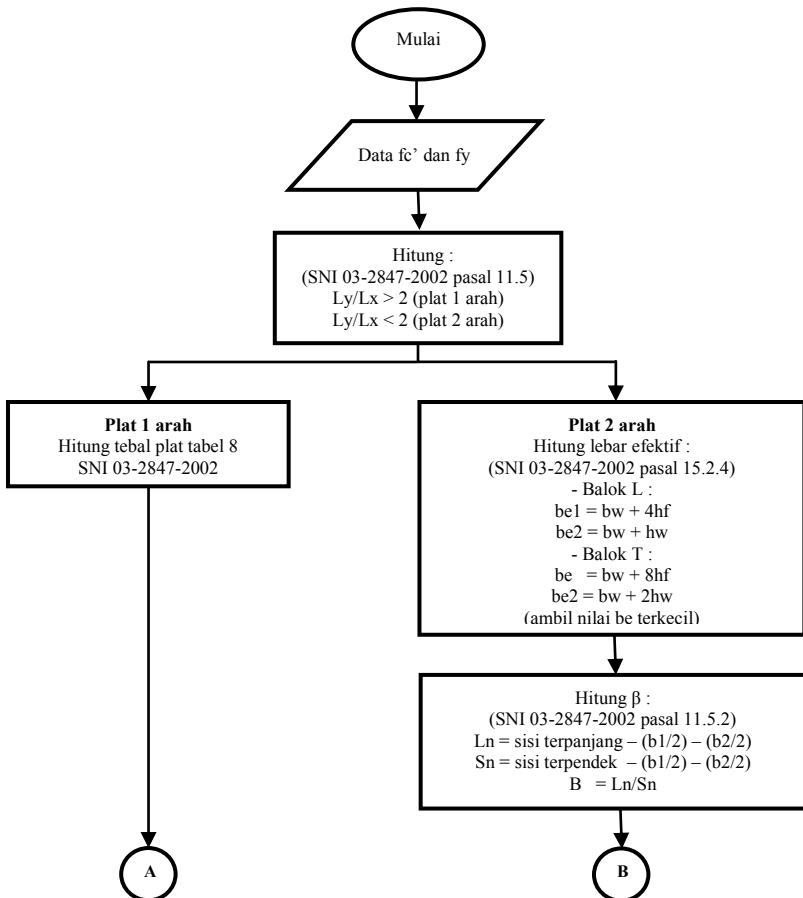
e. Hasil akhir Gambar Perencanaan :

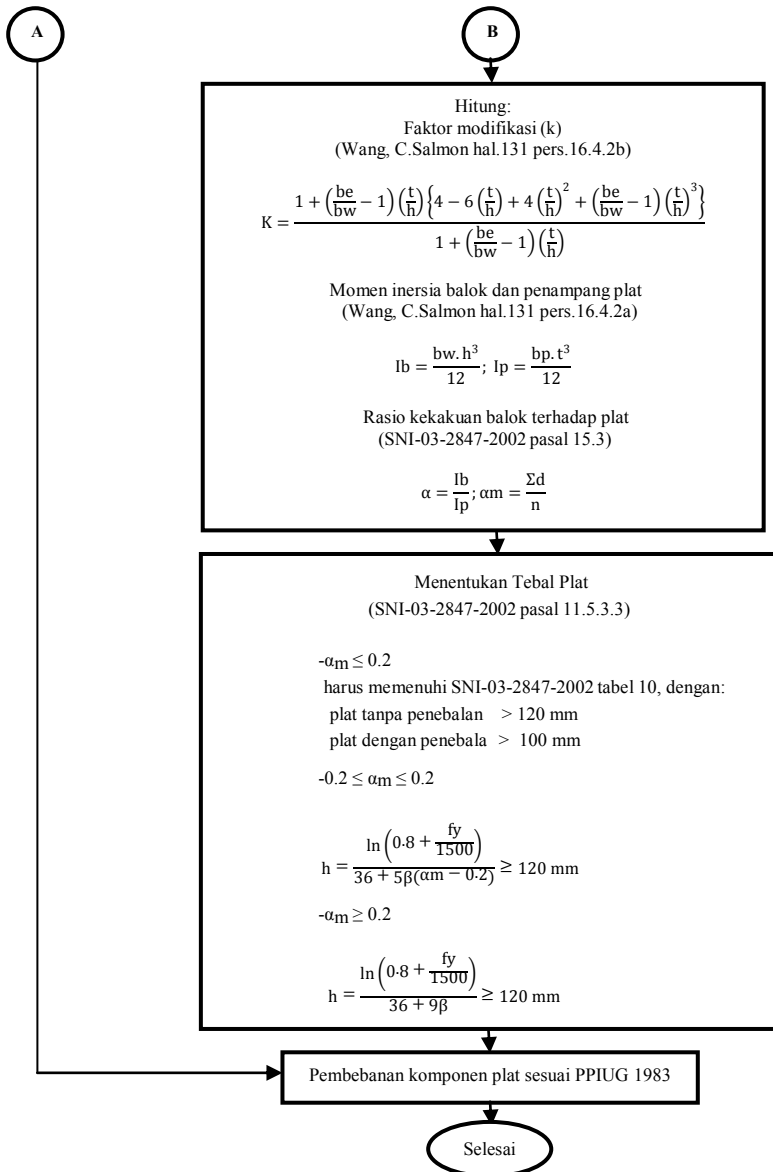


Gambar 4.12 Dimensi Kolom K2

4.1.3 Perencanaan Dimensi Pelat

Pada perencanaan proyek akhir ini, dimensi struktur pelat Gedung Perpustakaan UPN Veteran Surabaya terlebih dahulu perlu diketahui, yang meliputi dimensi pelat lantai dan pelat atap.

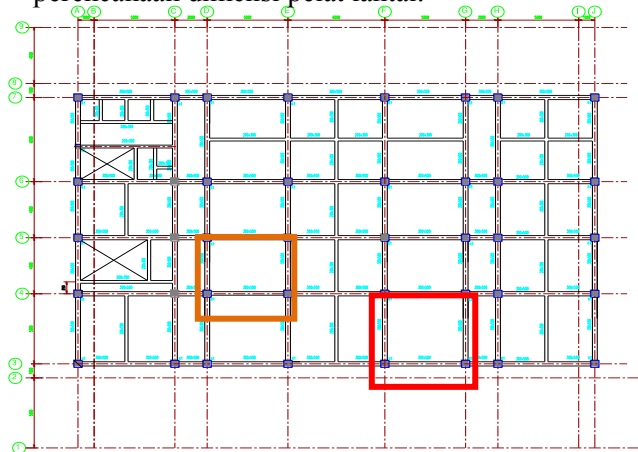




Gambar 4.13 Diagram Alir Perencanaan Dimensi Pelat

4.1.3.1 Perencanaan Dimensi Pelat Lantai

Berikut data-data perencanaan dimensi pelat lantai meliputi, gambar denah perencanaan, perhitungan perencanaan, dan hasil akhir perencanaan dimensi pelat lantai.



Gambar 4.14 Denah Perencanaan Dimensi Pelat Lantai

- a. Data-data perencanaan
- Tipe pelat : S1 (EL +5)
 - As pelat : F-G (3-4)
 - Mutu beton f_c' : 30 Mpa
 - Kuat leleh tulangan lentur, f_y : 240 Mpa
 - Rencana tebal pelat : 12 cm
 - Bentang pelat sumbu panjang, L_y : 500 cm
 - Bentang pelat sumbu pendek, L_x : 500 cm
 - Balok 1 (kiri), B1 : 30/50
 - Balok 2 (kanan), B1 : 30/50
 - Balok 3 (atas), B2 : 30/50
 - Balok 4 (bawah), B2 : 30/50

b. Perhitungan perencanaan

Bentang bersih sumbu panjang :

$$L_n = 500 - \frac{30}{2} - \frac{30}{2} = 470\text{cm}$$

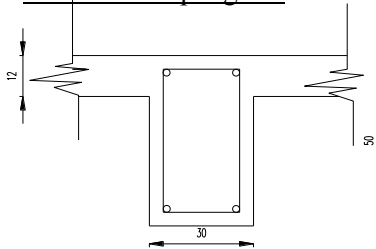
Bentang bersih sumbu pendek :

$$S_n = 500 - \frac{30}{2} - \frac{30}{2} = 470\text{cm}$$

$$\beta = \frac{L_n}{S_n} = \frac{470\text{cm}}{470\text{cm}} = 1$$

→ **Balok 1 kiri (30/50)**

- Menentukan lebar efektif flens :

*(SNI 03-2847-2002 pasal 15.2.4)*Balok Penampang – T

$$b_e = b_w + 2h_w \leq b_w + 8h_f$$

$$b_e = 30 + 2(50-12) \leq 30 + 8(12)$$

$$b_e = 106 \leq 126$$

Maka dipakai nilai b_e terkecil = 106 cm

- Faktor Modifikasi (k) :

(DESAIN BETON BERTULANG; C.K WANG & C.G Salmon Jilid 2 hal 131)

$$K = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) x \left(\frac{h_f}{h}\right) x \left[4 - 6 \left(\frac{h_f}{h}\right) + 4 \left(\frac{h_f}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) x \left(\frac{h_f}{h}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) x \left(\frac{h_f}{h}\right)}$$

$$K = \frac{1 + \left(\frac{106}{30} - 1\right)x\left(\frac{12}{50}\right)x \left[4 - 6\left(\frac{12}{50}\right) + 4\left(\frac{12}{50}\right)^2 + \left(\frac{106}{30} - 1\right)x\left(\frac{12}{50}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{106}{30} - 1\right)x\left(\frac{12}{50}\right)}$$

$$K = 0,541$$

- Momen inersia penampang T :

$$I_b = k \times b_w \times \frac{h^3}{12}$$

$$I_b = 0,541 \times 30 \times \frac{50^3}{12}$$

$$I_b = 169062,5 \text{ cm}^4$$

- Momen inersia lajur pelat :

$$I_b = b_p \times \frac{t^3}{12}$$

$$I_b = 0,5(300 + 500) \times \frac{12^3}{12}$$

$$I_b = 57600 \text{ cm}^4$$

- Rasio kekakuan balok terhadap pelat :

$$\alpha_1 = \frac{I_{b\text{balok}}}{I_{b\text{pelat}}}$$

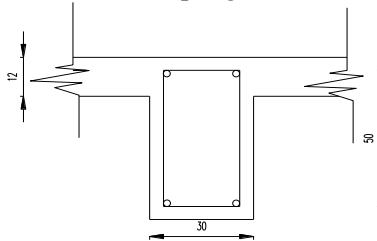
$$\alpha_1 = \frac{169062,5 \text{ cm}^4}{57600 \text{ cm}^4}$$

$$\alpha_1 = 2,94$$

→ **Balok 2 kanan (30/50)**

- Menentukan lebar efektif flens :
(SNI 03-2847-2002 pasal 15.2.4)

Balok Penampang – T



$$b_e = b_w + 2h_w \leq b_w + 8h_f$$

$$b_e = 30 + 2(50-12) \leq 30 + 8(12)$$

$$b_e = 106 \leq 126$$

Maka dipakai nilai b_e terkecil = 106 cm

- Faktor Modifikasi (k) :

(*DESAIN BETON BERTULANG; C.K WANG & C.G Salmon Jilid 2 hal 131*)

$$K = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) x \left(\frac{h_f}{h}\right) x \left[4 - 6 \left(\frac{h_f}{h}\right) + 4 \left(\frac{h_f}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) x \left(\frac{h_f}{h}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) x \left(\frac{h_f}{h}\right)}$$

$$K = \frac{1 + \left(\frac{106}{30} - 1\right) x \left(\frac{12}{50}\right) x \left[4 - 6 \left(\frac{12}{50}\right) + 4 \left(\frac{12}{50}\right)^2 + \left(\frac{106}{30} - 1\right) x \left(\frac{12}{50}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{106}{30} - 1\right) x \left(\frac{12}{50}\right)}$$

$$K = 0,541$$

- Momen inersia penampang T :

$$I_b = k \times b_w \times \frac{h^3}{12}$$

$$I_b = 0,541 \times 30 \times \frac{50^3}{12}$$

$$I_b = 169062,5 \text{ cm}^4$$

- Momen inersia lajur pelat :

$$I_b = b_p \times \frac{t^3}{12}$$

$$I_b = 0,5(500 + 200) \times \frac{12^3}{12}$$

$$I_b = 50400 \text{ cm}^4$$

- Rasio kekakuan balok terhadap pelat :

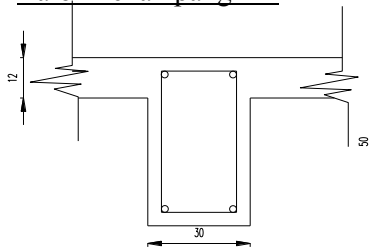
$$\alpha_2 = \frac{I_{\text{balok}}}{I_{\text{pelat}}}$$

$$\alpha_2 = \frac{169062,5 \text{ cm}^4}{50400 \text{ cm}^4}$$

$$\alpha_2 = 3,36$$

→ **Balok 3 atas (30/50)**

- Menentukan lebar efektif flens :
(*SNI 03-2847-2002 pasal 15.2.4*)
Balok Penampang – T



$$b_e = b_w + 2h_w \leq b_w + 8h_f$$

$$b_e = 30 + 2(50-12) \leq 30 + 8(12)$$

$$b_e = 106 \leq 126$$

Maka dipakai nilai b_e terkecil = 106 cm

- Faktor Modifikasi (k) :
(*DESAIN BETON BERTULANG; C.K WANG & C.G Salmon Jilid 2 hal 131*)

$$K = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right)x \left(\frac{h_f}{h}\right) x \left[4 - 6 \left(\frac{h_f}{h}\right) + 4 \left(\frac{h_f}{h}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right)x \left(\frac{h_f}{h}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right)x \left(\frac{h_f}{h}\right)}$$

$$K = \frac{1 + \left(\frac{106}{30} - 1\right)x \left(\frac{12}{50}\right) x \left[4 - 6 \left(\frac{12}{50}\right) + 4 \left(\frac{12}{50}\right)^2 + \left(\frac{106}{30} - 1\right)x \left(\frac{12}{50}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{106}{30} - 1\right)x \left(\frac{12}{50}\right)}$$

$$K = 0,541$$

- Momen inersia penampang T :

$$I_b = k \times bw \times \frac{h^3}{12}$$

$$I_b = 0,541 \times 30 \times \frac{50^3}{12}$$

$$I_b = 169062,5 \text{ cm}^4$$

- Momen inersia lajur pelat :

$$I_b = b_p \times \frac{t^3}{12}$$

$$I_b = 0,5(500 + 400) \times \frac{12^3}{12}$$

$$I_b = 64800 \text{ cm}^4$$

- Rasio kekakuan balok terhadap pelat :

$$\alpha_3 = \frac{I_{bbalok}}{I_{bpelat}}$$

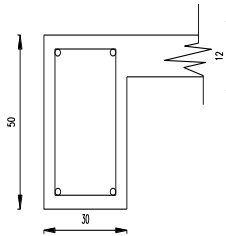
$$\alpha_3 = \frac{169062,5 \text{ cm}^4}{64800 \text{ cm}^4}$$

$$\alpha_3 = 3,03$$

→ **Balok 4 bawah (30/50)**

- Menentukan lebar efektif flens :
(SNI 03-2847-2002 pasal 15.2.4)

Balok Penampang – L



$$b_e = h_w \leq 4h_f$$

$$b_e = 50 - 12 \leq 4(12)$$

$$b_e = 38 \leq 48$$

Maka dipakai nilai b_e terkecil = 38 cm

- Faktor Modifikasi (k) :

(DESAIN BETON BERTULANG; C.K WANG & C.G Salmon Jilid 2 hal 131)

$$K = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) x \left(\frac{h_f}{h}\right) x \left[4 - 6 \left(\frac{h_f}{h}\right) + 4 \left(\frac{h_f}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) x \left(\frac{h_f}{h}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) x \left(\frac{h_f}{h}\right)}$$

$$K = \frac{1 + \left(\frac{38}{30} - 1\right) x \left(\frac{12}{50}\right) x \left[4 - 6 \left(\frac{12}{50}\right) + 4 \left(\frac{12}{50}\right)^2 + \left(\frac{38}{30} - 1\right) x \left(\frac{12}{50}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{38}{30} - 1\right) x \left(\frac{12}{50}\right)}$$

$$K = 0,925$$

- Momen inersia penampang T :

$$I_b = k \times b_w \times \frac{h^3}{12}$$

$$I_b = 0,925 \times 30 \times \frac{50^3}{12}$$

$$I_b = 289062,5 \text{ cm}^4$$

- Momen inersia lajur pelat :

$$I_b = b_p \times \frac{t^3}{12}$$

$$I_b = 0,5(500) \times \frac{12^3}{12}$$

$$I_b = 36000 \text{ cm}^4$$

- Rasio kekakuan balok terhadap pelat :

$$\alpha_4 = \frac{I_{b\text{balok}}}{I_{b\text{pelat}}}$$

$$\alpha_4 = \frac{289062,5 \text{ cm}^4}{36000 \text{ cm}^4}$$

$$\alpha_4 = 8,03$$

Dari keempat balok di sekeliling pelat di atas, didapat nilai rata-rata α_m :

$$\alpha_m = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}{4}$$

$$\alpha_m = \frac{2,94 + 3,36 + 3,03 + 8,03}{4}$$

$$\alpha_m = 4,34$$

- ✓ Karena $\alpha_m > 2,00$, maka dipakai perhitungan sesuai dengan persamaan (17) (***SNI 03-2847-2002 pasal 11.5.3.3***)

Dimana ketebalan minimum pelat tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1500})}{36 + 9\beta} > 90 \text{ mm}$$

$$h = \frac{5000(0,8 + \frac{240}{1500})}{36 + 9(1)} > 90\text{mm}$$

$$h = 106,67 \text{ mm} > 90\text{mm}$$

- ✓ Jadi, perencanaan dimensi tebal pelat 120 mm **memenuhi**.

a. Data-data perencanaan

- Tipe pelat : S2 (EL +5)
- As pelat : D-E (4-5)
- Mutu beton, f_c' : 30 Mpa
- Kuat leleh tulangan lentur, f_y : 240 Mpa
- Rencana tebal pelat : 12 cm
- Bentang pelat sumbu panjang, L_y : 500 cm
- Bentang pelat sumbu pendek, L_x : 400 cm
- Balok 1 (kiri), B1 : 30/50
- Balok 2 (kanan), B1 : 30/50
- Balok 3 (atas), B2 : 30/50
- Balok 4 (bawah), B2 : 30/50

b. Perhitungan perencanaan

Bentang bersih sumbu panjang :

$$L_n = 500 - \frac{30}{2} - \frac{30}{2} = 470\text{cm}$$

Bentang bersih sumbu pendek :

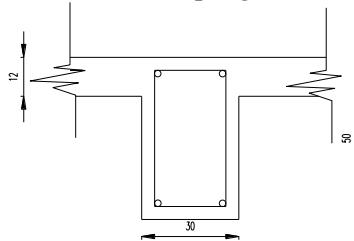
$$S_n = 400 - \frac{30}{2} - \frac{30}{2} = 370\text{cm}$$

$$\beta = \frac{L_n}{S_n} = \frac{470\text{cm}}{370\text{cm}} = 1,27$$

→ **Balok 1 kiri (30/50)**

- Menentukan lebar efektif flens :
(SNI 03-2847-2002 pasal 15.2.4)

Balok Penampang – T



$$b_e = b_w + 2h_w \leq b_w + 8h_f$$

$$b_e = 30 + 2(50-12) \leq 30 + 8(12)$$

$$b_e = 106 \leq 126$$

Maka dipakai nilai b_e terkecil = 106 cm

- Faktor Modifikasi (k) :

(*DESAIN BETON BERTULANG; C.K WANG & C.G Salmon Jilid 2 hal 131*)

$$K = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) x \left(\frac{h_f}{h}\right) x \left[4 - 6 \left(\frac{h_f}{h}\right) + 4 \left(\frac{h_f}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) x \left(\frac{h_f}{h}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) x \left(\frac{h_f}{h}\right)}$$

$$K = \frac{1 + \left(\frac{106}{30} - 1\right) x \left(\frac{12}{50}\right) x \left[4 - 6 \left(\frac{12}{50}\right) + 4 \left(\frac{12}{50}\right)^2 + \left(\frac{106}{30} - 1\right) x \left(\frac{12}{50}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{106}{30} - 1\right) x \left(\frac{12}{50}\right)}$$

$$K = 0,541$$

- Momen inersia penampang T :

$$I_b = k \times b_w \times \frac{h^3}{12}$$

$$I_b = 0,541 \times 30 \times \frac{50^3}{12}$$

$$I_b = 169062,5 \text{ cm}^4$$

- Momen inersia lajur pelat :

$$I_b = b_p \times \frac{t^3}{12}$$

$$I_b = 0,5(200 + 500) \times \frac{12^3}{12}$$

$$I_b = 50400 \text{ cm}^4$$

- Rasio kekakuan balok terhadap pelat :

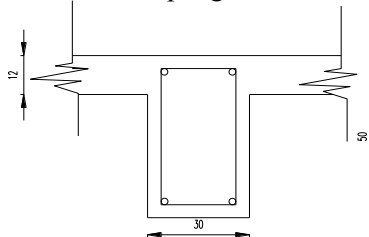
$$\alpha_1 = \frac{I_{\text{balok}}}{I_{\text{pelat}}}$$

$$\alpha_1 = \frac{169062,5 \text{ cm}^4}{50400 \text{ cm}^4}$$

$$\alpha_1 = 3,36$$

→ **Balok 2 kanan (30/50)**

- Menentukan lebar efektif flens :
(*SNI 03-2847-2002 pasal 15.2.4*)
Balok Penampang – T



$$b_e = b_w + 2h_w \leq b_w + 8h_f$$

$$b_e = 30 + 2(50-12) \leq 30 + 8(12)$$

$$b_e = 106 \leq 126$$

Maka dipakai nilai b_e terkecil = 106 cm

- Faktor Modifikasi (k) :
(*DESAIN BETON BERTULANG; C.K WANG & C.G Salmon Jilid 2 hal 131*)

$$K = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right)x \left(\frac{h_f}{h}\right) x \left[4 - 6\left(\frac{h_f}{h}\right) + 4\left(\frac{h_f}{h}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right)x \left(\frac{h_f}{h}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right)x \left(\frac{h_f}{h}\right)}$$

$$K = \frac{1 + \left(\frac{106}{30} - 1\right)x \left(\frac{12}{50}\right) x \left[4 - 6\left(\frac{12}{50}\right) + 4\left(\frac{12}{50}\right)^2 + \left(\frac{106}{30} - 1\right)x \left(\frac{12}{50}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{106}{30} - 1\right)x \left(\frac{12}{50}\right)}$$

$$K = 0,541$$

- Momen inersia penampang T :

$$I_b = k \times bw \times \frac{h^3}{12}$$

$$I_b = 0,541 \times 30 \times \frac{50^3}{12}$$

$$I_b = 169062,5 \text{ cm}^4$$

- Momen inersia lajur pelat :

$$I_b = b_p \times \frac{t^3}{12}$$

$$I_b = 0,5(500 + 300) \times \frac{12^3}{12}$$

$$I_b = 57600 \text{ cm}^4$$

- Rasio kekakuan balok terhadap pelat :

$$\alpha_2 = \frac{I_{bbalok}}{I_{bpelat}}$$

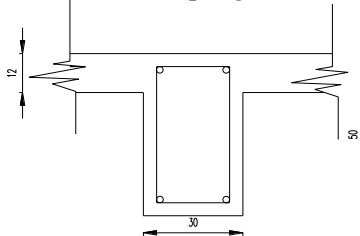
$$\alpha_2 = \frac{169062,5 \text{ cm}^4}{57600 \text{ cm}^4}$$

$$\alpha_2 = 2,94$$

→ **Balok 3 atas (30/50)**

- Menentukan lebar efektif flens :
(SNI 03-2847-2002 pasal 15.2.4)

Balok Penampang – T



$$b_e = b_w + 2h_w \leq b_w + 8h_f$$

$$b_e = 30 + 2(50-12) \leq 30 + 8(12)$$

$$b_e = 106 \leq 126$$

Maka dipakai nilai b_e terkecil = 106 cm

- Faktor Modifikasi (k) :

(*DESAIN BETON BERTULANG; C.K WANG & C.G Salmon Jilid 2 hal 131*)

$$K = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) x \left(\frac{h_f}{h}\right) x \left[4 - 6 \left(\frac{h_f}{h}\right) + 4 \left(\frac{h_f}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) x \left(\frac{h_f}{h}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) x \left(\frac{h_f}{h}\right)}$$

$$K = \frac{1 + \left(\frac{106}{30} - 1\right) x \left(\frac{12}{50}\right) x \left[4 - 6 \left(\frac{12}{50}\right) + 4 \left(\frac{12}{50}\right)^2 + \left(\frac{106}{30} - 1\right) x \left(\frac{12}{50}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{106}{30} - 1\right) x \left(\frac{12}{50}\right)}$$

$$K = 0,541$$

- Momen inersia penampang T :

$$I_b = k \times b_w \times \frac{h^3}{12}$$

$$I_b = 0,541 \times 30 \times \frac{50^3}{12}$$

$$I_b = 169062,5 \text{ cm}^4$$

- Momen inersia lajur pelat :

$$I_b = b_p \times \frac{t^3}{12}$$

$$I_b = 0,5(400 + 400) \times \frac{12^3}{12}$$

$$I_b = 57600 \text{ cm}^4$$

- Rasio kekakuan balok terhadap pelat :

$$\alpha_3 = \frac{I_{bbalok}}{I_{bpelat}}$$

$$\alpha_3 = \frac{169062,5 \text{ cm}^4}{57600 \text{ cm}^4}$$

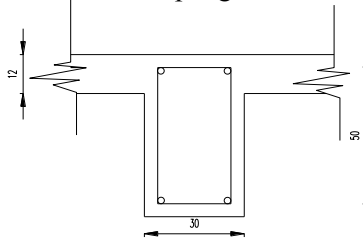
$$\alpha_3 = 2,94$$

→ **Balok 4 bawah (30/50)**

- Menentukan lebar efektif flens :

(SNI 03-2847-2002 pasal 15.2.4)

Balok Penampang – T



$$b_e = b_w + 2h_w \leq b_w + 8h_f$$

$$b_e = 30 + 2(50-12) \leq 30 + 8(12)$$

$$b_e = 106 \leq 126$$

Maka dipakai nilai b_e terkecil = 106 cm

- Faktor Modifikasi (k) :

(DESAIN BETON BERTULANG; C.K WANG & C.G Salmon Jilid 2 hal 131)

$$K = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right)x\left(\frac{h_f}{h}\right)x\left[4 - 6\left(\frac{h_f}{h}\right) + 4\left(\frac{h_f}{h}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right)x\left(\frac{h_f}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right)x\left(\frac{h_f}{h}\right)}$$

$$K = \frac{1 + \left(\frac{106}{30} - 1\right)x\left(\frac{12}{50}\right)x\left[4 - 6\left(\frac{12}{50}\right) + 4\left(\frac{12}{50}\right)^2 + \left(\frac{106}{30} - 1\right)x\left(\frac{12}{50}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{106}{30} - 1\right)x\left(\frac{12}{50}\right)}$$

$$K = 0,541$$

- Momen inersia penampang T :

$$I_b = k \times bw \times \frac{h^3}{12}$$

$$I_b = 0,541 \times 30 \times \frac{50^3}{12}$$

$$I_b = 169062,5 \text{ cm}^4$$

- Momen inersia lajur pelat :

$$I_b = b_p \times \frac{t^3}{12}$$

$$I_b = 0,5(500 + 400) \times \frac{12^3}{12}$$

$$I_b = 64800 \text{ cm}^4$$

- Rasio kekakuan balok terhadap pelat :

$$\alpha_4 = \frac{I_{b\text{balok}}}{I_{b\text{pelat}}}$$

$$\alpha_4 = \frac{169062,5 \text{ cm}^4}{64800 \text{ cm}^4}$$

$$\alpha_4 = 2,61$$

Dari keempat balok di sekeliling pelat di atas, didapat nilai rata-rata α_m :

$$\alpha_m = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}{4}$$

$$\alpha_m = \frac{3,36 + 2,94 + 2,94 + 2,61}{4}$$

$$\alpha_m = 2,96$$

- ✓ Karena $\alpha_m > 2,00$, maka dipakai perhitungan sesuai dengan persamaan (17) (***SNI 03-2847-2002 pasal 11.5.3.3***)

Dimana ketebalan minimum pelat tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1500})}{36 + 9\beta} > 90\text{mm}$$

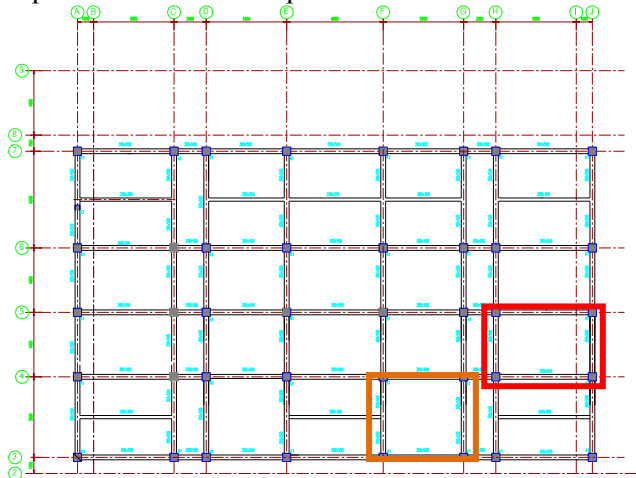
$$h = \frac{5000(0,8 + \frac{240}{1500})}{36 + 9(1,27)} > 90\text{mm}$$

$$h = 101,2 \text{ mm} > 90\text{mm}$$

- ✓ Jadi, perencanaan dimensi tebal pelat 120 mm **memenuhi**.

4.1.3.2 Perencanaan Dimensi Pelat Atap

Berikut data-data perencanaan dimensi pelat atap meliputi, gambar denah perencanaan, perhitungan perencanaan, dan hasil akhir perencanaan dimensi pelat lantai.



Gambar 4.15 Denah Perencanaan Dimensi Pelat Atap

- a. Data-data perencanaan
- Tipe pelat : S1 (EL +17)
 - As pelat : H-J (4-5)
 - Mutu beton, f_c' : 30 Mpa
 - Kuat leleh tulangan lentur, f_y : 240 Mpa
 - Rencana tebal pelat : 12 cm
 - Bentang pelat sumbu panjang, L_y : 600 cm
 - Bentang pelat sumbu pendek, L_x : 400 cm
 - Balok 1 (kiri), B1: 30/50
 - Balok 2 (kanan), B1 : 30/50
 - Balok 3 (atas), B2 : 30/50
 - Balok 4 (bawah), B2 : 30/50

b. Perhitungan perencanaan

Bentang bersih sumbu panjang :

$$L_n = 600 - \frac{30}{2} - \frac{30}{2} = 570\text{cm}$$

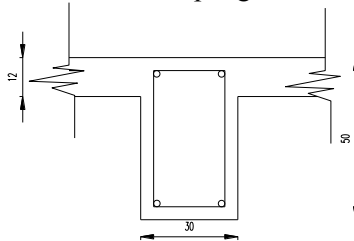
Bentang bersih sumbu pendek :

$$S_n = 400 - \frac{30}{2} - \frac{30}{2} = 370\text{cm}$$

$$\beta = \frac{L_n}{S_n} = \frac{570\text{cm}}{370\text{cm}} = 1,54$$

→ **Balok 1 kiri (30/50)**

- Menentukan lebar efektif flens :

(SNI 03-2847-2002 pasal 15.2.4)Balok Penampang – T

$$b_e = b_w + 2h_w \leq b_w + 8h_f$$

$$b_e = 30 + 2(50-12) \leq 30 + 8(12)$$

$$b_e = 106 \leq 126$$

Maka dipakai nilai b_e terkecil = 106 cm

- Faktor Modifikasi (k) :

**(DESAIN BETON BERTULANG; C.K
WANG & C.G Salmon Jilid 2 hal 131)**

$$K = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right)x \left(\frac{h_f}{h}\right) x \left[4 - 6 \left(\frac{h_f}{h}\right) + 4 \left(\frac{h_f}{h}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right)x \left(\frac{h_f}{h}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right)x \left(\frac{h_f}{h}\right)}$$

$$K = \frac{1 + \left(\frac{106}{30} - 1\right)x \left(\frac{12}{50}\right) x \left[4 - 6 \left(\frac{12}{50}\right) + 4 \left(\frac{12}{50}\right)^2 + \left(\frac{106}{30} - 1\right)x \left(\frac{12}{50}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{106}{30} - 1\right)x \left(\frac{12}{50}\right)}$$

$$K = 0,541$$

- Momen inersia penampang T :

$$I_b = k \times bw \times \frac{h^3}{12}$$

$$I_b = 0,541 \times 30 \times \frac{50^3}{12}$$

$$I_b = 169062,5 \text{ cm}^4$$

- Momen inersia lajur pelat :

$$I_b = b_p \times \frac{t^3}{12}$$

$$I_b = 0,5(200 + 600) \times \frac{12^3}{12}$$

$$I_b = 57600 \text{ cm}^4$$

- Rasio kekakuan balok terhadap pelat :

$$\alpha_1 = \frac{I_{bbalok}}{I_{bpelat}}$$

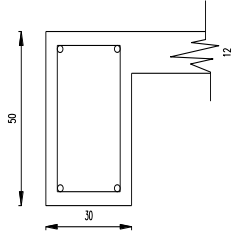
$$\alpha_1 = \frac{169062,5 \text{ cm}^4}{57600 \text{ cm}^4}$$

$$\alpha_1 = 2,94$$

→ **Balok 2 kanan (30/50)**

- Menentukan lebar efektif flens :
(SNI 03-2847-2002 pasal 15.2.4)

Balok Penampang – L



$$be = hw \leq 4h_f$$

$$be = 50 - 12 \leq 4(12)$$

$$be = 38 \leq 48$$

Maka dipakai nilai be terkecil = 38 cm

- Faktor Modifikasi (k) :

**(DESAIN BETON BERTULANG; C.K
WANG & C.G Salmon Jilid 2 hal 131)**

$$K = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) x \left(\frac{h_f}{h}\right) x \left[4 - 6 \left(\frac{h_f}{h}\right) + 4 \left(\frac{h_f}{h}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) x \left(\frac{h_f}{h}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) x \left(\frac{h_f}{h}\right)}$$

$$K = \frac{1 + \left(\frac{38}{30} - 1\right) x \left(\frac{12}{50}\right) x \left[4 - 6 \left(\frac{12}{30}\right) + 4 \left(\frac{12}{50}\right)^2 + \left(\frac{38}{30} - 1\right) x \left(\frac{12}{50}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{38}{30} - 1\right) x \left(\frac{12}{50}\right)}$$

$$K = 0,925$$

- Momen inersia penampang T :

$$I_b = k \times bw \times \frac{h^3}{12}$$

$$I_b = 0,925 \times 30 \times \frac{50^3}{12}$$

$$I_b = 289062,5 \text{ cm}^4$$

- Momen inersia lajur pelat :

$$I_b = b_p \times \frac{t^3}{12}$$

$$I_b = 0,5(600) \times \frac{12^3}{12}$$

$$I_b = 43200 \text{ cm}^4$$

- Rasio kekakuan balok terhadap pelat :

$$\alpha_2 = \frac{I_{bbalok}}{I_{bpelat}}$$

$$\alpha_2 = \frac{289062,5 \text{ cm}^4}{43200 \text{ cm}^4}$$

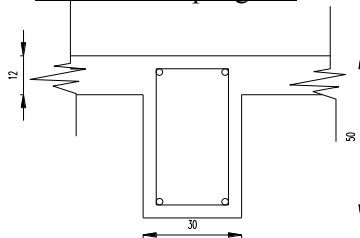
$$\alpha_2 = 6,7$$

→ **Balok 3 atas (30/50)**

- Menentukan lebar efektif flens :

(SNI 03-2847-2002 pasal 15.2.4)

Balok Penampang – T



$$b_e = b_w + 2h_w \leq b_w + 8h_f$$

$$b_e = 30 + 2(50-12) \leq 30 + 8(12)$$

$$b_e = 106 \leq 126$$

Maka dipakai nilai b_e terkecil = 106 cm

- Faktor Modifikasi (k) :

(DESAIN BETON BERTULANG; C.K WANG & C.G Salmon Jilid 2 hal 131)

$$K = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right)x \left(\frac{h_f}{h}\right) x \left[4 - 6 \left(\frac{h_f}{h}\right) + 4 \left(\frac{h_f}{h}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right)x \left(\frac{h_f}{h}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right)x \left(\frac{h_f}{h}\right)}$$

$$K = \frac{1 + \left(\frac{106}{30} - 1\right)x \left(\frac{12}{50}\right) x \left[4 - 6 \left(\frac{12}{50}\right) + 4 \left(\frac{12}{50}\right)^2 + \left(\frac{106}{30} - 1\right)x \left(\frac{12}{50}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{106}{30} - 1\right)x \left(\frac{12}{50}\right)}$$

$$K = 0,541$$

- Momen inersia penampang T :

$$I_b = k \times bw \times \frac{h^3}{12}$$

$$I_b = 0,541 \times 30 \times \frac{50^3}{12}$$

$$I_b = 169062,5 \text{ cm}^4$$

- Momen inersia lajur pelat :

$$I_b = b_p \times \frac{t^3}{12}$$

$$I_b = 0,5(400 + 400) \times \frac{12^3}{12}$$

$$I_b = 57600 \text{ cm}^4$$

- Rasio kekakuan balok terhadap pelat :

$$\alpha_3 = \frac{I_{bbalok}}{I_{bpelat}}$$

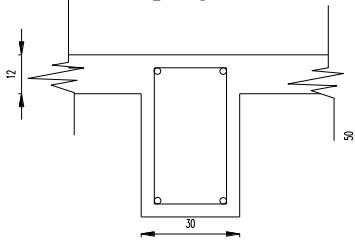
$$\alpha_3 = \frac{169062,5 \text{ cm}^4}{57600 \text{ cm}^4}$$

$$\alpha_3 = 2,94$$

→ **Balok 4 bawah (30/50)**

- Menentukan lebar efektif flens :
(SNI 03-2847-2002 pasal 15.2.4)

Balok Penampang – T



$$b_e = b_w + 2h_w \leq b_w + 8h_f$$

$$b_e = 30 + 2(50-12) \leq 30 + 8(12)$$

$$b_e = 106 \leq 126$$

Maka dipakai nilai b_e terkecil = 106 cm

- Faktor Modifikasi (k) :

(*DESAIN BETON BERTULANG; C.K WANG & C.G Salmon Jilid 2 hal 131*)

$$K = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) x \left(\frac{h_f}{h}\right) x \left[4 - 6 \left(\frac{h_f}{h}\right) + 4 \left(\frac{h_f}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) x \left(\frac{h_f}{h}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) x \left(\frac{h_f}{h}\right)}$$

$$K = \frac{1 + \left(\frac{106}{30} - 1\right) x \left(\frac{12}{50}\right) x \left[4 - 6 \left(\frac{12}{50}\right) + 4 \left(\frac{12}{50}\right)^2 + \left(\frac{106}{30} - 1\right) x \left(\frac{12}{50}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{106}{30} - 1\right) x \left(\frac{12}{50}\right)}$$

$$K = 0,541$$

- Momen inersia penampang T :

$$I_b = k \times b_w \times \frac{h^3}{12}$$

$$I_b = 0,541 \times 30 \times \frac{50^3}{12}$$

$$I_b = 169062,5 \text{ cm}^4$$

- Momen inersia lajur pelat :

$$I_b = b_p \times \frac{t^3}{12}$$

$$I_b = 0,5(250 + 400) \times \frac{12^3}{12}$$

$$I_b = 46800 \text{ cm}^4$$

- Rasio kekakuan balok terhadap pelat :

$$\alpha_4 = \frac{I_{bbalok}}{I_{bpelat}}$$

$$\alpha_4 = \frac{169062,5 \text{ cm}^4}{46800 \text{ cm}^4}$$

$$\alpha_4 = 3,6$$

Dari keempat balok di sekeliling pelat di atas, didapat nilai rata-rata α_m :

$$\alpha_m = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}{4}$$

$$\alpha_m = \frac{2,94 + 6,7 + 2,94 + 3,6}{4}$$

$$\alpha_m = 4,05$$

- ✓ Karena $\alpha_m > 2,00$, maka dipakai perhitungan sesuai dengan persamaan (17) (***SNI 03-2847-2002 pasal 11.5.3.3***)

Dimana ketebalan minimum pelat tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1500})}{36 + 9\beta} > 90 \text{ mm}$$

$$h = \frac{6000(0,8 + \frac{240}{1500})}{36 + 9(1,54)} > 90 \text{ mm}$$

$$h = 115,52 \text{ mm} > 90 \text{ mm}$$

✓ Jadi, perencanaan dimensi tebal pelat 120 mm **memenuhi**.

a. Data-data perencanaan

- Tipe pelat : S2 (EL +17)
- As pelat : F-G (3-4)
- Mutu beton, f_c' : 30 Mpa
- Kuat leleh tulangan lentur, f_y : 240 Mpa
- Rencana tebal pelat : 12 cm
- Bentang pelat sumbu panjang, L_y : 500 cm
- Bentang pelat sumbu pendek, L_x : 500 cm
- Balok 1 (kiri), $B1$: 30/50
- Balok 2 (kanan), $B1$: 30/50
- Balok 3 (atas), $B2$: 30/50
- Balok 4 (bawah), $B2$: 30/50

b. Perhitungan perencanaan

Bentang bersih sumbu panjang :

$$L_n = 500 - \frac{30}{2} - \frac{30}{2} = 470\text{cm}$$

Bentang bersih sumbu pendek :

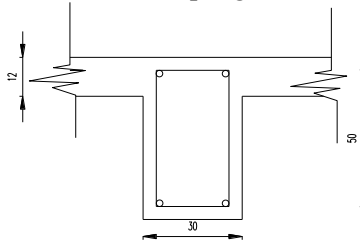
$$S_n = 500 - \frac{30}{2} - \frac{30}{2} = 470\text{cm}$$

$$\beta = \frac{L_n}{S_n} = \frac{470\text{cm}}{470\text{cm}} = 1$$

→ **Balok 1 kiri (30/50)**

- Menentukan lebar efektif flens :
(SNI 03-2847-2002 pasal 15.2.4)

Balok Penampang – T



$$b_e = b_w + 2h_w \leq b_w + 8h_f$$

$$b_e = 30 + 2(50-12) \leq 30 + 8(12)$$

$$b_e = 106 \leq 126$$

Maka dipakai nilai b_e terkecil = 106 cm

- Faktor Modifikasi (k) :

(*DESAIN BETON BERTULANG; C.K WANG & C.G Salmon Jilid 2 hal 131*)

$$K = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) x \left(\frac{h_f}{h}\right) x \left[4 - 6 \left(\frac{h_f}{h}\right) + 4 \left(\frac{h_f}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) x \left(\frac{h_f}{h}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) x \left(\frac{h_f}{h}\right)}$$

$$K = \frac{1 + \left(\frac{106}{30} - 1\right) x \left(\frac{12}{50}\right) x \left[4 - 6 \left(\frac{12}{50}\right) + 4 \left(\frac{12}{50}\right)^2 + \left(\frac{106}{30} - 1\right) x \left(\frac{12}{50}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{106}{30} - 1\right) x \left(\frac{12}{50}\right)}$$

$$K = 0,541$$

- Momen inersia penampang T :

$$I_b = k \times b_w \times \frac{h^3}{12}$$

$$I_b = 0,541 \times 30 \times \frac{50^3}{12}$$

$$I_b = 169062,5 \text{ cm}^4$$

- Momen inersia lajur pelat :

$$I_b = b_p \times \frac{t^3}{12}$$

$$I_b = 0,5(300 + 500) \times \frac{12^3}{12}$$

$$I_b = 57600 \text{ cm}^4$$

- Rasio kekakuan balok terhadap pelat :

$$\alpha_1 = \frac{I_{bbalok}}{I_{bpelat}}$$

$$\alpha_1 = \frac{169062,5 \text{ cm}^4}{57600 \text{ cm}^4}$$

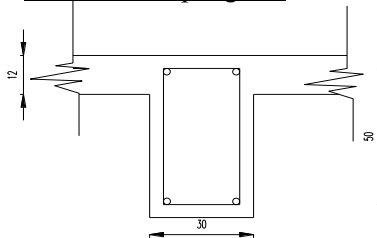
$$\alpha_1 = 2,94$$

→ **Balok 2 kanan (30/50)**

- Menentukan lebar efektif flens :

(SNI 03-2847-2002 pasal 15.2.4)

Balok Penampang – T



$$b_e = b_w + 2h_w \leq b_w + 8h_f$$

$$b_e = 30 + 2(50-12) \leq 30 + 8(12)$$

$$b_e = 106 \leq 126$$

Maka dipakai nilai b_e terkecil = 106 cm

- Faktor Modifikasi (k) :

(DESAIN BETON BERTULANG; C.K WANG & C.G Salmon Jilid 2 hal 131)

$$K = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right)x \left(\frac{h_f}{h}\right) x \left[4 - 6 \left(\frac{h_f}{h}\right) + 4 \left(\frac{h_f}{h}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right)x \left(\frac{h_f}{h}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right)x \left(\frac{h_f}{h}\right)}$$

$$K = \frac{1 + \left(\frac{106}{30} - 1\right)x \left(\frac{12}{50}\right) x \left[4 - 6 \left(\frac{12}{50}\right) + 4 \left(\frac{12}{50}\right)^2 + \left(\frac{106}{30} - 1\right)x \left(\frac{12}{50}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{106}{30} - 1\right)x \left(\frac{12}{50}\right)}$$

$$K = 0,541$$

- Momen inersia penampang T :

$$I_b = k \times bw \times \frac{h^3}{12}$$

$$I_b = 0,541 \times 30 \times \frac{50^3}{12}$$

$$I_b = 169062,5 \text{ cm}^4$$

- Momen inersia lajur pelat :

$$I_b = b_p \times \frac{t^3}{12}$$

$$I_b = 0,5(500 + 200) \times \frac{12^3}{12}$$

$$I_b = 50400 \text{ cm}^4$$

- Rasio kekakuan balok terhadap pelat :

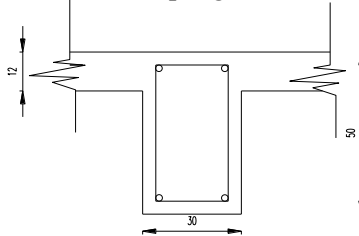
$$\alpha_2 = \frac{I_{bbalok}}{I_{bpelat}}$$

$$\alpha_2 = \frac{169062,5 \text{ cm}^4}{50400 \text{ cm}^4}$$

$$\alpha_2 = 3,36$$

→ **Balok 3 atas (30/50)**

- Menentukan lebar efektif flens :
(*SNI 03-2847-2002 pasal 15.2.4*)
Balok Penampang – T



$$b_e = b_w + 2h_w \leq b_w + 8h_f$$

$$b_e = 30 + 2(50-12) \leq 30 + 8(12)$$

$$b_e = 106 \leq 126$$

Maka dipakai nilai b_e terkecil = 106 cm

- Faktor Modifikasi (k) :
(*DESAIN BETON BERTULANG; C.K WANG & C.G Salmon Jilid 2 hal 131*)

$$K = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right)x\left(\frac{h_f}{h}\right)x\left[4 - 6\left(\frac{h_f}{h}\right) + 4\left(\frac{h_f}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right)x\left(\frac{h_f}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right)x\left(\frac{h_f}{h}\right)}$$

$$K = \frac{1 + \left(\frac{106}{30} - 1\right)x\left(\frac{12}{50}\right)x\left[4 - 6\left(\frac{12}{50}\right) + 4\left(\frac{12}{50}\right)^2 + \left(\frac{106}{30} - 1\right)x\left(\frac{12}{50}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{106}{30} - 1\right)x\left(\frac{12}{50}\right)}$$

$$K = 0,541$$

- Momen inersia penampang T :

$$I_b = k \times b_w \times \frac{h^3}{12}$$

$$I_b = 0,541 \times 30 \times \frac{50^3}{12}$$

$$I_b = 169062,5 \text{ cm}^4$$

- Momen inersia lajur pelat :

$$I_b = b_p \times \frac{t^3}{12}$$

$$I_b = 0,5(500 + 400) \times \frac{12^3}{12}$$

$$I_b = 64800 \text{ cm}^4$$

- Rasio kekakuan balok terhadap pelat :

$$\alpha_3 = \frac{I_{b\text{balok}}}{I_{b\text{pelat}}}$$

$$\alpha_3 = \frac{169062,5 \text{ cm}^4}{64800 \text{ cm}^4}$$

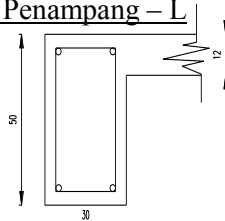
$$\alpha_3 = 3,03$$

→ **Balok 4 bawah (30/50)**

- Menentukan lebar efektif flens :

(SNI 03-2847-2002 pasal 15.2.4)

Balok Penampang – L



$$b_e = h_w \leq 4h_f$$

$$b_e = 50 - 12 \leq 4(12)$$

$$b_e = 38 \leq 48$$

Maka dipakai nilai b_e terkecil = 38 cm

- Faktor Modifikasi (k) :

(DESAIN BETON BERTULANG; C.K WANG & C.G Salmon Jilid 2 hal 131)

$$K = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right)x\left(\frac{h_f}{h}\right)x\left[4 - 6\left(\frac{h_f}{h}\right) + 4\left(\frac{h_f}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right)x\left(\frac{h_f}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right)x\left(\frac{h_f}{h}\right)}$$

$$K = \frac{1 + \left(\frac{38}{30} - 1\right)x\left(\frac{12}{50}\right)x\left[4 - 6\left(\frac{12}{30}\right) + 4\left(\frac{12}{50}\right)^2 + \left(\frac{38}{30} - 1\right)x\left(\frac{12}{50}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{38}{30} - 1\right)x\left(\frac{12}{50}\right)}$$

$$K = 0,925$$

- Momen inersia penampang T :

$$I_b = k \times b_w \times \frac{h^3}{12}$$

$$I_b = 0,925 \times 30 \times \frac{50^3}{12}$$

$$I_b = 289062,5 \text{ cm}^4$$

- Momen inersia lajur pelat :

$$I_b = b_p \times \frac{t^3}{12}$$

$$I_b = 0,5(500) \times \frac{12^3}{12}$$

$$I_b = 36000 \text{ cm}^4$$

- Rasio kekakuan balok terhadap pelat :

$$\alpha_4 = \frac{I_{bbalok}}{I_{bpelat}}$$

$$\alpha_4 = \frac{289062,5 \text{ cm}^4}{36000 \text{ cm}^4}$$

$$\alpha_4 = 8,03$$

Dari keempat balok di sekeliling pelat di atas, didapat nilai rata-rata α_m :

$$\alpha_m = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}{4}$$

$$\alpha_m = \frac{2,94 + 3,36 + 3,03 + 8,03}{4}$$

$$\alpha_m = 4,34$$

- ✓ Karena $\alpha_m > 2,00$, maka dipakai perhitungan sesuai dengan persamaan (17) (*SNI 03-2847-2002 pasal 11.5.3.3*)

Dimana ketebalan minimum pelat tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1500})}{36 + 9\beta} > 90\text{mm}$$

$$h = \frac{5000(0,8 + \frac{240}{1500})}{36 + 9(1)} > 90\text{mm}$$

$$h = 106,67 \text{ mm} > 90\text{mm}$$

- ✓ Jadi, perencanaan dimensi tebal pelat 120 mm **memenuhi**.

4.1.4 Perencanaan Dimensi Sloof

Penentuan tinggi sloof min (h_{\min}) dihitung berdasarkan SNI 03-2847-2002 Tata Cara Perhitungan Beton Bangunan Gedung Pasal 11.5 tabel 8 dimana bila persyaratan telah terpenuhi maka tidak perlu dikontrol terhadap lendutan.

1. Dua tumpuan sederhana :

$$h_{\min} = \frac{1}{16} \times Lb$$

2. Dua tumpuan menerus :

$$h_{\min} = \frac{1}{21} \times Lb$$

3. Kantilever atau Balok Konsol :

$$h_{\min} = \frac{1}{8} \times Lb$$

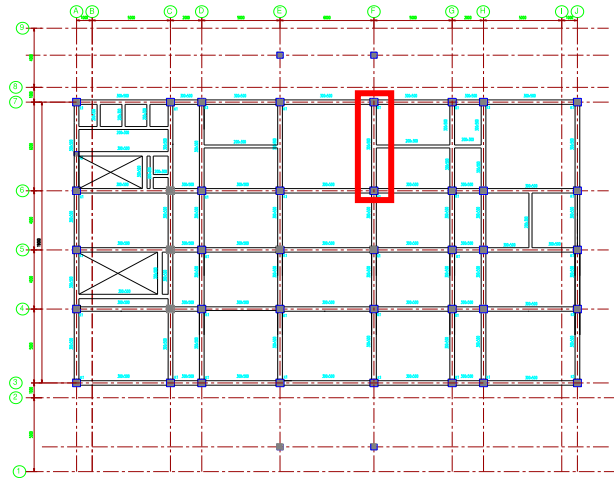
Adapun data perencanaan, gambar denah perencanaan, ketentuan perencanaan, perhitungan perencanaan, hasil gambar perencanaan awal struktur Gedung Perpustakaan UPN Veteran Surabaya adalah sebagai berikut :

➤ Sloof Tipe 1

- a. Data perencanaan :

- Tipe balok : TB1
- As balok : joint F (6-7)
- Bentang balok, L_{balok} : 600 cm
- Kuat Leleh tulangan lentur (f_y) : 400 Mpa

b. Gambar Denah Perencanaan



Gambar 4.16 Denah Perencanaan Dimensi Sloof Melintang

c. Perhitungan Perencanaan :

→ **SNI 03-2847-2002 pasal 11.5 tabel 8**

- Komponen struktur balok dua tumpuan sederhana untuk perencanaan tebal minimum (h_{\min})

menggunakan $\frac{1}{16} \times Lb$

- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) selain 400 Mpa, hasil nilai perencanaan tebal minimum (h_{\min}) harus dikalikan dengan $0,4 \times \frac{f_y}{700}$

$$h \geq L/12$$

$$b = 2/3 \times h$$

$$h \geq 600 \text{ cm}/12$$

$$b = 2/3 \times 50 \text{ cm}$$

$$h \geq 50 \text{ cm}$$

$$b = 33 \text{ cm}$$

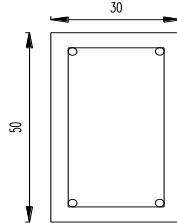
$$h = 50 \text{ cm}$$

$$\text{direncanakan } b \approx 30 \text{ cm}$$

$$\text{direncanakan } h = 50 \text{ cm}$$

- ✓ Maka direncanakan dimensi Sloof Melintang (TB1) dengan ukuran 30/50

d. Hasil akhir Gambar Perencanaan :



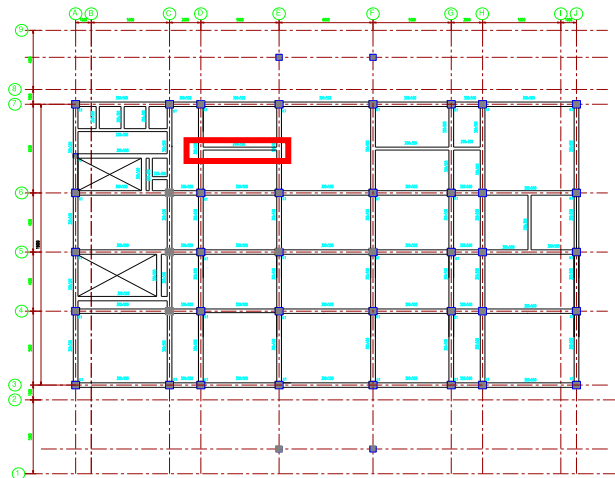
Gambar 4.17 Dimensi Sloof Melintang

➤ Sloof Tipe 2

a. Data Perencanaan :

- Tipe balok : TB2
- As balok : joint 6' (D-E)
- Bentang balok, L_{balok} : 500 cm
- Kuat Leleh tulangan lentur (f_y) : 400 Mpa

b. Gambar Denah Perencanaan



Gambar 4.18 Denah Perencanaan Dimensi Sloof Memanjang

c. Perhitungan Perencanaan :

→ **SNI 03-2847-2002 pasal 11.5 tabel 8**

- Komponen struktur balok dua tumpuan sederhana untuk perencanaan tebal minimum (h_{\min}) menggunakan $\frac{1}{21} \times Lb$

- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) selain 400 Mpa, hasil nilai perencanaan tebal minimum (h_{\min}) harus dikalikan dengan $0,4 \times \frac{f_y}{700}$

$$h \geq L/21$$

$$b = 2/3 \times h$$

$$h \geq 500 \text{ cm}/21$$

$$b = 2/3 \times 30 \text{ cm}$$

$$h \geq 24 \text{ cm}$$

$$b = 20 \text{ cm}$$

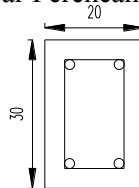
$$h \approx 30 \text{ cm}$$

$$\text{direncanakan } b = 20 \text{ cm}$$

$$\text{direncanakan } h = 30 \text{ cm}$$

✓ Maka direncanakan dimensi Sloof (TB2) dengan ukuran 20/30

d. Hasil akhir Gambar Perencanaan :



Gambar 4.19 Dimensi Sloof Memanjang

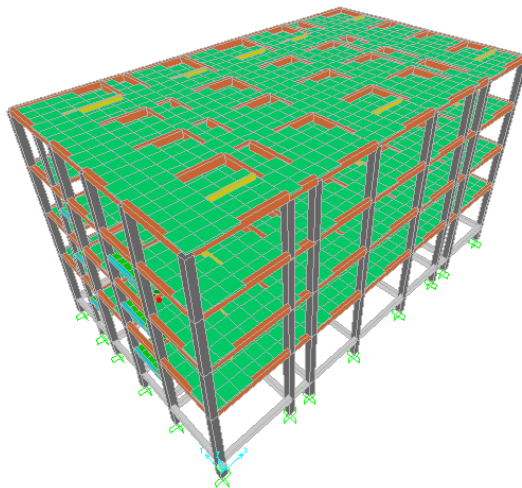
4.2 Perencanaan Gempa

Perencanaan struktur utama dari gedung ini meliputi perencanaan balok induk dan kolom sebagai elemen utama dari gedung. Dimana struktur utama tersebut direncanakan menerima beban gravitasi dan beban gempa. Pelat yang dipikul oleh balok dianggap membebani balok induk dan balok anak sebagai beban segitiga dan beban trapesium.

Pada perhitungan struktur digunakan program bantu computer yaitu SAP 2000. Perhitungan struktur ini menggunakan analisa sistem rangka pemikul momen yaitu SRPMM (Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah).

4.2.1 Pemodelan Struktur

Struktur utama di analisa dengan menggunakan bantuan software SAP 2000. Dimana sistem struktur dari balok dan kolom dimodelkan sebagai space frame (rangka ruang) dengan perletakan jepit pada dasar kolom. Sedangkan perencanaan terhadap gempa akan dianalisa dengan statik ekuivalen.



Gambar 4.20 Pemodelan Struktur

4.2.2 Pembebanan

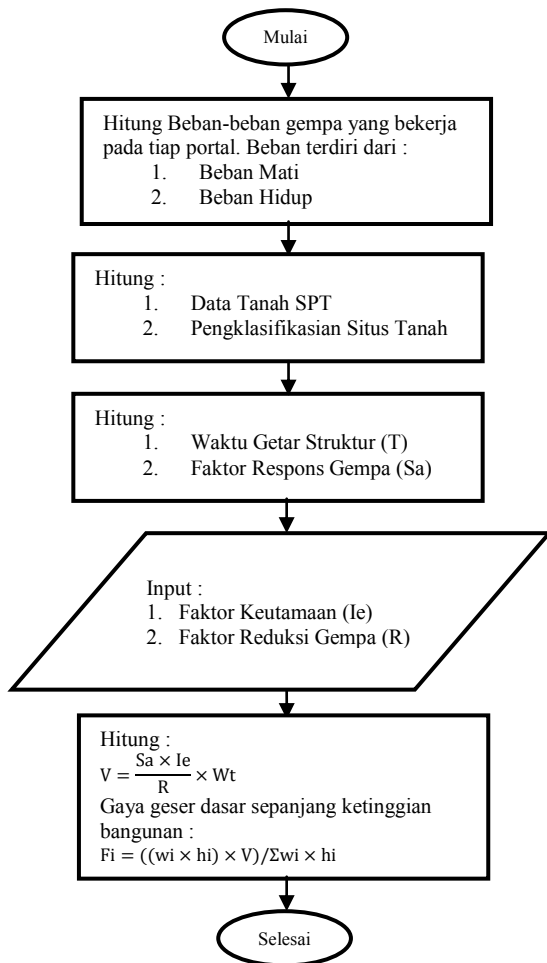
Struktur dibebani oleh beban hidup dan beban mati yang berasal dari lantai (keramik dan spesi), berat instalasi listrik dan plafon, berat dinding, beban struktur sendiri dan beban gempa. Beban mati dan beban hidup dikelompokkan ke dalam beban gravitasi yang dipikul oleh balok. Sedangkan untuk beban gempa termasuk dalam beban horizontal yang diterima oleh kolom pada masing-masing lantai yang kemudian diteruskan ke pondasi.

Kombinasi pembebanan menurut SNI 03-2847-2002 pasal 11.2 adalah sebagai berikut :

1. $1DL + 1LL$ (untuk pembebanan pondasi)
2. $1,4DL$
3. $1,2DL + 1,6LL$
4. $1,2DL + 1LL \pm 1 EQ_x \pm 0,3EQ_y$
5. $1,2DL + 1LL \pm 0,3 EQ_x \pm 1EQ_y$
6. $1,2DL + 1LL$ (untuk perhitungan geser)

4.2.3 Perhitungan Beban Gempa

Perhitungan beban gempa pada bangunan ini dilakukan dengan menggunakan analisa statik ekuivalen dimana menurut pasal 6.1.3 gaya geser dasar nominal harus dibagikan sepanjang tinggi struktur gedung menjadi beban gempa nominal statik ekuivalen pada gedung yang beraturan. Adapun langkah-langkah perhitungannya sebagai berikut :



Gambar 4.21 Diagram Alir Perhitungan Beban Gempa

a. Pengklasifikasian Tanah dari Data Tanah SPT

4.1 Nilai Jumlah SPT

Lapisan ke i	Tebal lapisan (di)	Deskripsi Jenis Tanah	Nilai N-SPT
1	4	Lempung lanau abu-abu	15
2	8	Lempung lanau pasir abu-abu	23,75
3	4	Lempung lanau abu-abu	39
4	3	Lempung lanau pasir abu-abu	43
5	11	Lempung lanau abu-abu	52,5
		Total	173,25

(SNI Gempa 1726:2012 pasal 5.4.2)(2)

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{N_i}}$$

Dimana :

d_i = tebal setiap lapisan antara kedalaman 0 sampai 30 meter;

N_i = tahanan penetrasi standar 60 persen energy (N_{60}) yang terukur langsung tanpa koreksi.

$$\sum_{i=1}^n d_i = d_1 + d_2 + d_3 + d_4 + d_5 + d_6 + d_7 = 30$$

$$\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{N_i} = \frac{d_1}{N_1} + \frac{d_2}{N_2} + \frac{d_3}{N_3} + \frac{d_4}{N_4} + \frac{d_5}{N_5} + \frac{d_6}{N_6} + \frac{d_7}{N_7} = 0,985$$

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{N_i}}$$

$$\bar{N} = 30,45 \text{ (Situs SD adalah Tanah sedang)}$$

(SNI Gempa 1726:2012 pasal 5.3)

b. Waktu Getar Struktur (T)

Perhitungan respon spektrum gempa 500 tahun

- Percepatan batuan dasar pada perioda pendek (S_s)

$$= 0,3 \text{ g}$$

(Peta gempa 2010)

- Percepatan batuan dasar pada periode 1 detik (S_1)

$$= 0,1 \text{ g}$$

(Peta Gempa 2010)

- Faktor amplifikasi getaran percepatan pada getaran perioda pendek (F_a)

$$= 1,56$$

(SNI Gempa 1726:2012 pasal 6.2)

- Faktor amplifikasi getaran percepatan pada getaran perioda 1 detik (F_v)

$$= 2,4$$

(SNI Gempa 1726:2012 pasal 6.2)

- Parameter spektrum respons percepatan pada perioda pendek (S_{MS})

$$= F_a \times S_s$$

$$= 1,56 \times 0,3 \text{ g}$$

$$= 0,468 \text{ g}$$

(SNI Gempa 1726:2012 pasal 6.2)

- Parameter spektrum respons percepatan pada perioda 1 detik (S_{M1})

$$= F_v \times S_1$$

$$= 2,4 \times 0,1 \text{ g}$$

$$= 0,24 \text{ g}$$

(SNI Gempa 1726:2012 pasal 6.2)

- Parameter percepatan spektral desain untuk perioda pendek (S_{DS})

$$= \frac{2}{3} \times S_{MS}$$

$$= \frac{2}{3} \times 0,468 \text{ g}$$

$$= 0,312 \text{ g}$$

(SNI Gempa 1726:2012 pasal 6.2)

- Parameter percepatan spectral desain untuk perioda 1 detik (S_{D1})
 $= \frac{2}{3} \times S_{M1}$
 $= \frac{2}{3} \times 0,24 \text{ g}$
 $= 0,16 \text{ g}$

(SNI Gempa 1726:2012 pasal 6.2)

- $T_0 = 0,2 \cdot \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,103 \text{ detik}$

(SNI Gempa 1726:2012 pasal 6.4)

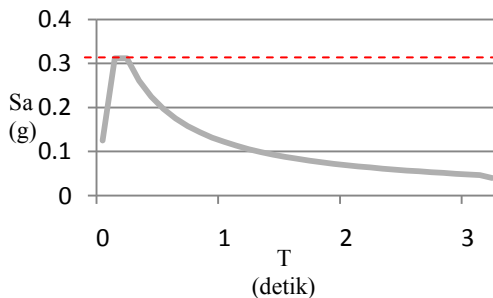
- $T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,513 \text{ detik}$

(SNI Gempa 1726:2012 pasal 6.4)**c. Faktor Respon Gempa (S_a)**

$$S_a = \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right)$$

(SNI Gempa 1726:2012 pasal 6.4)

Dari perhitungan di atas maka didapatkan grafik respon spektrum gempa 500 tahun, S_a sebesar 0,312 g



Gambar 4.22 Grafik Respon Spektrum Gempa

d. Faktor Keutamaan (I_e)

Berdasarkan fungsi bangunan yaitu sebagai gedung perpustakaan termasuk kategori resiko bangunan gedung I, didapatkan $I_e = 1,0$

(SNI Gempa 1726:2012 tabel 1)

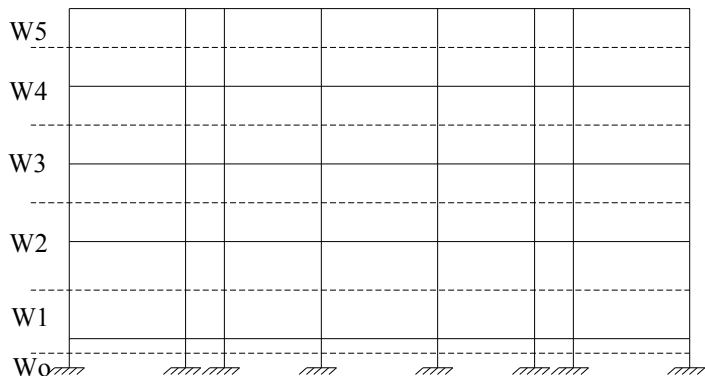
e. Faktor Reduksi Gempa (R)

Gedung ini dihitung dengan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) termasuk Kategori Desain Seismik C karena didapatkan nilai $S_{DS} = 0,312$ g dan nilai $S_{D1} = 0,16$ g

(SNI Gempa 1726:2012 tabel 6)

Maka nilai R didapatkan 5

(SNI Gempa 1726:2012 tabel 9)



Gambar 4.23 Portal Memanjang As 3(A-J)

W₀ :

1. Kolom pendek 50/50

$$= 2400\text{kg/m}^3 \times 0,5\text{m} \times 0,5\text{m} \times 39 \times 0,75\text{m} = 17550\text{kg}$$

2. Kolom pendek 30/30

$$= 2400\text{kg/m}^3 \times 0,3\text{m} \times 0,3\text{m} \times 1 \times 0,75\text{m} = 162\text{kg}$$

$$\Sigma W_0 = 17712\text{kg}$$

W1 :

1. Kolom 50/50
 $= 2400 \text{ kg/m}^3 \times 0,5 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} \times 39 \times 3,25 \text{ m} = 76050 \text{ kg}$
2. Kolom 30/30
 $= 2400 \text{ kg/m}^3 \times 0,3 \text{ m} \times 0,3 \text{ m} \times 1 \times 3,25 \text{ m} = 702 \text{ kg}$
3. Sloof 30/50
 $= 2400 \text{ kg/m}^3 \times 0,3 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} \times 1 \times 329 \text{ m} = 118440 \text{ kg}$
4. Sloof 20/30
 $= 2400 \text{ kg/m}^3 \times 0,2 \text{ m} \times 0,3 \text{ m} \times 1 \times 30,95 \text{ m} = 4456,8 \text{ kg}$
5. Balok bordes 30/50 tangga utama
 $= 2400 \text{ kg/m}^3 \times 0,3 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} \times 1 \times 4 \text{ m} = 1440 \text{ kg}$
6. Balok bordes 30/50 tangga darurat
 $= 2400 \text{ kg/m}^3 \times 0,3 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} \times 1 \times 2,5 \text{ m} = 900 \text{ kg}$
7. Pelat tangga utama
 $= 2400 \text{ kg/m}^3 \times 1,95 \text{ m} \times 1,5 \text{ m} \times 2 \times 0,15 \text{ m} = 2106 \text{ kg}$
8. Pelat tangga darurat
 $= 2400 \text{ kg/m}^3 \times 1,625 \text{ m} \times 1,5 \text{ m} \times 2 \times 0,15 \text{ m} = 1755 \text{ kg}$
9. Pelat bordes tangga utama
 $= 2400 \text{ kg/m}^3 \times 3,15 \text{ m} \times 1,5 \text{ m} \times 1 \times 0,15 \text{ m} = 1701 \text{ kg}$
10. Pelat bordes tangga darurat
 $= 2400 \text{ kg/m}^3 \times 2,5 \text{ m} \times 1,175 \text{ m} \times 1 \times 0,15 \text{ m} = 1057,5 \text{ kg}$
11. Anak tangga utama
 $= 2400 \text{ kg/m}^3 \times 0,09 \text{ m} = 216 \text{ kg}$
12. Anak tangga darurat
 $= 2400 \text{ kg/m}^3 \times 0,08 \text{ m} = 192 \text{ kg}$
13. Dinding $\frac{1}{2}$ bata
 $= 250 \text{ kg/m}^2 \times 2,5 \text{ m} \times 37,1 \text{ m} = 23187,5 \text{ kg}$
14. Beban hidup pelat tangga utama
 $= 500 \text{ kg/m}^2 \times 5,85 \text{ m}^2 \times 0,5 = 1462,5 \text{ kg}$
15. Beban hidup pelat tangga darurat
 $= 500 \text{ kg/m}^2 \times 4,875 \text{ m}^2 \times 0,5 = 1218,8 \text{ kg}$
16. Beban hidup pelat bordes tangga utama
 $= 500 \text{ kg/m}^2 \times 4,725 \text{ m}^2 \times 0,5 = 1181,25 \text{ kg}$
17. Beban hidup pelat bordes tangga darurat
 $= 500 \text{ kg/m}^2 \times 2,94 \text{ m}^2 \times 0,5 = 735 \text{ kg}$
18. Beban hidup pelat lantai
 $= 400 \text{ kg/m}^2 \times 582,5 \text{ m}^2 \times 0,8 = 186400 \text{ kg}$
19. Spesi, keramik dan pegangan tangga $= 1011,3 \text{ kg} +$
 $\Sigma W1 = 424208 \text{ kg}$

W2 :

1. Pelat (tebal=12cm)
 $=2400\text{kg/m}^3 \times 157,95\text{m}^2 \times 0,12\text{m} = 168537,6\text{kg}$
2. Kolom 50/50
 $=2400\text{kg/m}^3 \times 0,5\text{m} \times 0,5\text{m} \times 39 \times 4,5\text{m} = 105300\text{kg}$
3. Kolom 30/30
 $=2400\text{kg/m}^3 \times 0,3\text{m} \times 0,3\text{m} \times 1 \times 4,5\text{m} = 972\text{kg}$
4. Balok induk 30/50
 $=2400\text{kg/m}^3 \times 0,3\text{m} \times 0,5\text{m} \times 1 \times 329,65\text{m} = 118674\text{kg}$
5. Balok anak 20/30
 $=2400\text{kg/m}^3 \times 0,2\text{m} \times 0,3\text{m} \times 1 \times 72,5\text{m} = 10440\text{kg}$
6. Balok bordes 30/50 tangga utama
 $=2400\text{kg/m}^3 \times 0,3\text{m} \times 0,5\text{m} \times 1 \times 4\text{m} = 1440\text{kg}$
7. Balok bordes 30/50 tangga darurat
 $=2400\text{kg/m}^3 \times 0,3\text{m} \times 0,5\text{m} \times 1 \times 2,5\text{m} = 900\text{kg}$
8. Pelat tangga utama
 $=2400\text{kg/m}^3 \times 3,45\text{m} \times 1,5\text{m} \times 2 \times 0,15\text{m} = 3726\text{kg}$
9. Pelat tangga darurat
 $=2400\text{kg/m}^3 \times 2,875\text{m} \times 1,5\text{m} \times 2 \times 0,15\text{m} = 3105\text{kg}$
10. Pelat bordes tangga utama
 $= 2400\text{kg/m}^3 \times 3,15\text{m} \times 1,5\text{m} \times 1 \times 0,15\text{m} = 1701\text{kg}$
11. Pelat bordes tangga darurat
 $= 2400\text{kg/m}^3 \times 2,5\text{m} \times 1,175\text{m} \times 1 \times 0,15\text{m} = 1057,5\text{kg}$
12. Anak tangga utama
 $=2400\text{kg/m}^3 \times 0,09\text{m} = 216\text{kg}$
13. Anak tangga darurat
 $=2400\text{kg/m}^3 \times 0,08\text{m} = 192\text{kg}$
14. Dinding $\frac{1}{2}$ bata
 $= 250\text{kg/m}^2 \times 4,5\text{m} \times 36,4\text{m} = 40953\text{kg}$
15. Beban hidup pelat tangga utama
 $=500 \text{ kg/m}^2 \times 10,35\text{m}^2 \times 0,5 = 2587,5\text{kg}$
16. Beban hidup pelat tangga darurat
 $=500 \text{ kg/m}^2 \times 8,625\text{m}^2 \times 0,5 = 2156,3\text{kg}$
17. Beban hidup pelat bordes tangga utama
 $=500 \text{ kg/m}^2 \times 4,725\text{m}^2 \times 0,5 = 1181,25\text{kg}$
18. Beban hidup pelat bordes tangga darurat
 $=500 \text{ kg/m}^2 \times 2,94\text{m}^2 \times 0,5 = 735\text{kg}$
19. Beban hidup pelat lantai
 $=400 \text{ kg/m}^2 \times 582,5\text{m}^2 \times 0,8 = 186400\text{kg}$

$$20. \text{Spesi, keramik dan pegangan tangga} = \frac{74522\text{kg}}{\Sigma W2} = 726124\text{kg}$$

W3 :

1. Pelat (tebal=12cm)
 $= 2400\text{kg/m}^3 \times 157,95\text{m}^2 \times 0,12\text{m} = 168537,6\text{kg}$
2. Kolom 50/50
 $= 2400\text{kg/m}^3 \times 0,5\text{m} \times 0,5\text{m} \times 39 \times 4\text{m} = 93600\text{kg}$
3. Kolom 30/30
 $= 2400\text{kg/m}^3 \times 0,3\text{m} \times 0,3\text{m} \times 1 \times 4\text{m} = 864\text{kg}$
4. Balok induk 30/50
 $= 2400\text{kg/m}^3 \times 0,3\text{m} \times 0,5\text{m} \times 1 \times 329,65\text{m} = 118674\text{kg}$
5. Balok anak 20/30
 $= 2400\text{kg/m}^3 \times 0,2\text{m} \times 0,3\text{m} \times 1 \times 72,5\text{m} = 10440\text{kg}$
6. Balok bordes 30/50 tangga utama
 $= 2400\text{kg/m}^3 \times 0,3\text{m} \times 0,5\text{m} \times 1 \times 4\text{m} = 1440\text{kg}$
7. Balok bordes 30/50 tangga darurat
 $= 2400\text{kg/m}^3 \times 0,3\text{m} \times 0,5\text{m} \times 1 \times 2,5\text{m} = 900\text{kg}$
8. Pelat tangga utama
 $= 2400\text{kg/m}^3 \times 3\text{m} \times 1,5\text{m} \times 2 \times 0,15\text{m} = 3240\text{kg}$
9. Pelat tangga darurat
 $= 2400\text{kg/m}^3 \times 2,5\text{m} \times 1,5\text{m} \times 2 \times 0,15\text{m} = 2700\text{kg}$
10. Pelat bordes tangga utama
 $= 2400\text{kg/m}^3 \times 3,15\text{m} \times 1,5\text{m} \times 1 \times 0,15\text{m} = 1701\text{kg}$
11. Pelat bordes tangga darurat
 $= 2400\text{kg/m}^3 \times 2,5\text{m} \times 1,175\text{m} \times 1 \times 0,15\text{m} = 1057,5\text{kg}$
12. Anak tangga utama
 $= 2400\text{kg/m}^3 \times 0,09\text{m} = 216\text{kg}$
13. Anak tangga darurat
 $= 2400\text{kg/m}^3 \times 0,08\text{m} = 192\text{kg}$
14. Dinding $\frac{1}{2}$ bata
 $= 250\text{kg/m}^2 \times 4\text{m} \times 30,1\text{m} = 30082\text{kg}$
15. Beban hidup pelat tangga utama
 $= 500\text{ kg/m}^2 \times 9\text{m}^2 \times 0,5 = 2250\text{kg}$
16. Beban hidup pelat tangga darurat
 $= 500\text{ kg/m}^2 \times 7,5\text{m}^2 \times 0,5 = 1875\text{kg}$
17. Beban hidup pelat bordes tangga utama
 $= 500\text{ kg/m}^2 \times 4,725\text{m}^2 \times 0,5 = 1181,25\text{kg}$

18. Beban hidup pelat bordes tangga darurat
 $= 500 \text{ kg/m}^2 \times 2,94 \text{ m}^2 \times 0,5 = 735 \text{ kg}$
19. Beban hidup pelat lantai
 $= 400 \text{ kg/m}^2 \times 582,5 \text{ m}^2 \times 0,8 = 186400 \text{ kg}$
20. Spesi, keramik dan pegangan tangga $= 74522 \text{ kg}$
 $\Sigma W3 = 701935 \text{ kg}$

W4 :

1. Pelat (tebal=12cm)
 $= 2400 \text{ kg/m}^3 \times 157,95 \text{ m}^2 \times 0,12 \text{ m} = 168537,6 \text{ kg}$
2. Kolom 50/50
 $= 2400 \text{ kg/m}^3 \times 0,5 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} \times 39 \times 4 \text{ m} = 93600 \text{ kg}$
3. Kolom 30/30
 $= 2400 \text{ kg/m}^3 \times 0,3 \text{ m} \times 0,3 \text{ m} \times 1 \times 4 \text{ m} = 864 \text{ kg}$
4. Balok induk 30/50
 $= 2400 \text{ kg/m}^3 \times 0,3 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} \times 1 \times 329,65 \text{ m} = 118674 \text{ kg}$
5. Balok anak 20/30
 $= 2400 \text{ kg/m}^3 \times 0,2 \text{ m} \times 0,3 \text{ m} \times 1 \times 72,5 \text{ m} = 10440 \text{ kg}$
6. Balok bordes 30/50 tangga utama
 $= 2400 \text{ kg/m}^3 \times 0,3 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} \times 1 \times 4 \text{ m} = 1440 \text{ kg}$
7. Balok bordes 30/50 tangga darurat
 $= 2400 \text{ kg/m}^3 \times 0,3 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} \times 1 \times 2,5 \text{ m} = 900 \text{ kg}$
8. Pelat tangga utama
 $= 2400 \text{ kg/m}^3 \times 3 \text{ m} \times 1,5 \text{ m} \times 2 \times 0,15 \text{ m} = 3240 \text{ kg}$
9. Pelat tangga darurat
 $= 2400 \text{ kg/m}^3 \times 2,5 \text{ m} \times 1,5 \text{ m} \times 2 \times 0,15 \text{ m} = 2700 \text{ kg}$
10. Pelat bordes tangga utama
 $= 2400 \text{ kg/m}^3 \times 3,15 \text{ m} \times 1,5 \text{ m} \times 1 \times 0,15 \text{ m} = 1701 \text{ kg}$
11. Pelat bordes tangga darurat
 $= 2400 \text{ kg/m}^3 \times 2,5 \text{ m} \times 1,175 \text{ m} \times 1 \times 0,15 \text{ m} = 1057,5 \text{ kg}$
12. Anak tangga utama
 $= 2400 \text{ kg/m}^3 \times 0,09 \text{ m} = 216 \text{ kg}$
13. Anak tangga darurat
 $= 2400 \text{ kg/m}^3 \times 0,08 \text{ m} = 192 \text{ kg}$
14. Dinding $\frac{1}{2}$ bata
 $= 250 \text{ kg/m}^2 \times 4 \text{ m} \times 26,2 \text{ m} = 26238 \text{ kg}$
15. Beban hidup pelat tangga utama
 $= 500 \text{ kg/m}^2 \times 9 \text{ m}^2 \times 0,5 = 2250 \text{ kg}$
16. Beban hidup pelat tangga darurat
 $= 500 \text{ kg/m}^2 \times 7,5 \text{ m}^2 \times 0,5 = 1875 \text{ kg}$

$$\begin{aligned}
17. \text{Beban hidup pelat bordes tangga utama} &= 500 \text{ kg/m}^2 \times 4,725 \text{m}^2 \times 0,5 = 1181,25 \text{kg} \\
18. \text{Beban hidup pelat bordes tangga darurat} &= 500 \text{ kg/m}^2 \times 2,94 \text{m}^2 \times 0,5 = 735 \text{kg} \\
19. \text{Beban hidup pelat lantai} &= 400 \text{ kg/m}^2 \times 582,5 \text{m}^2 \times 0,8 = 186400 \text{kg} \\
20. \text{Spesi, keramik dan pegangan tangga} &= \underline{74522 \text{kg}} \\
\Sigma W4 &= \underline{696762 \text{kg}}
\end{aligned}$$

W5 :

$$\begin{aligned}
1. \text{Pelat (tebal=12cm)} &= 2400 \text{kg/m}^3 \times 147 \text{m}^2 \times 36 \times 0,12 \text{m} = 175104 \text{kg} \\
2. \text{Kolom 50/50} &= 2400 \text{kg/m}^3 \times 0,5 \text{m} \times 0,5 \text{m} \times 39 \times 2 \text{m} = 46800 \text{kg} \\
3. \text{Kolom 30/30} &= 2400 \text{kg/m}^3 \times 0,3 \text{m} \times 0,3 \text{m} \times 1 \times 2 \text{m} = 432 \text{kg} \\
4. \text{Balok induk 30/50} &= 2400 \text{kg/m}^3 \times 0,3 \text{m} \times 0,5 \text{m} \times 1 \times 312 \text{m} = 112320 \text{kg} \\
5. \text{Balok anak 20/30} &= 2400 \text{kg/m}^3 \times 0,2 \text{m} \times 0,3 \text{m} \times 1 \times 46 \text{m} = 6624 \text{kg} \\
6. \text{Dinding } \frac{1}{2} \text{ bata} &= 250 \text{kg/m}^2 \times 2 \text{m} \times 27,852 \text{m} = 13926 \text{kg} \\
7. \text{Beban hidup pelat lantai} &= 100 \text{ kg/m}^2 \times 609 \text{m}^2 \times 0,8 = 48720 \text{kg} \\
8. \text{Spesi, keramik dan pegangan tangga} &= \underline{50547 \text{kg}} \\
\Sigma W5 &= \underline{455673 \text{kg}}
\end{aligned}$$

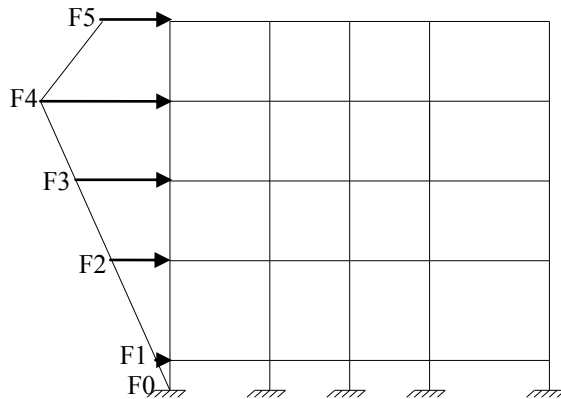
$$\begin{aligned}
W_{\text{total}} &= \Sigma W0 + \Sigma W1 + \Sigma W2 + \Sigma W3 + \Sigma W4 + \Sigma W5 \\
&= 17712 \text{kg} + 424208 \text{kg} + 726124 \text{kg} + 701935 \text{kg} + 696762 \text{kg} + 455673 \text{kg} \\
&= 3022413 \text{ kg}
\end{aligned}$$

Gaya geser dasar gempa (V)

$$\begin{aligned}
V &= \frac{S_a \times I_e}{R} \times W_t \\
&= \frac{0,312 \text{ g} \times 1}{5} \times 3022413 \text{ kg} \\
&= 188599 \text{ kg} = 188,6 \text{ ton}
\end{aligned}$$

Gaya geser dasar gempa yang disebarkan pada sepanjang ketinggian bangunan (F)

$$F = \frac{W_i \times h_i}{\sum (W_i \times h_i)} \times V$$



Gambar 4.24 Gaya Fi

Dimana :

$$\begin{aligned}
 W_0 \times h_0 &= 17712 \text{ kg} \times 0 &= 0 &\text{ kg} \\
 W_1 \times h_1 &= 424208 \text{ kg} \times 1,5 &= 636311,5 &\text{ kg} \\
 W_2 \times h_2 &= 726124 \text{ kg} \times 6,5 &= 4719804,1 &\text{ kg} \\
 W_3 \times h_3 &= 701935 \text{ kg} \times 10,5 &= 7370316,7 &\text{ kg} \\
 W_4 \times h_4 &= 696762 \text{ kg} \times 14,5 &= 10103050 &\text{ kg} \\
 W_5 \times h_5 &= 455673 \text{ kg} \times 18,5 &= 8429943,3 &\text{ kg} + \\
 \Sigma W \times h &&= 31259425 &\text{ kg}
 \end{aligned}$$

Gaya geser dasar gempa yang disebarkan di sepanjang tingkat bangunan (Fi) :

$$\begin{aligned}
 F_0 &= \frac{W_0 \times h_0}{\sum (W \times h)} \times V = \frac{0}{31259425} \times 188599 \\
 &= 0 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$F_1 = \frac{W_1 \times h_1}{\Sigma(W \times h)} \times V = \frac{636311,5}{31259425} \times 188599$$

$$= 3839,1 \text{ kg}$$

$$F_2 = \frac{W_2 \times h_2}{\Sigma(W \times h)} \times V = \frac{4719804,1}{31259425} \times 188599$$

$$= 28476,2 \text{ kg}$$

$$F_3 = \frac{W_3 \times h_3}{\Sigma(W \times h)} \times V = \frac{7370316,7}{31259425} \times 188599$$

$$= 44467,6 \text{ kg}$$

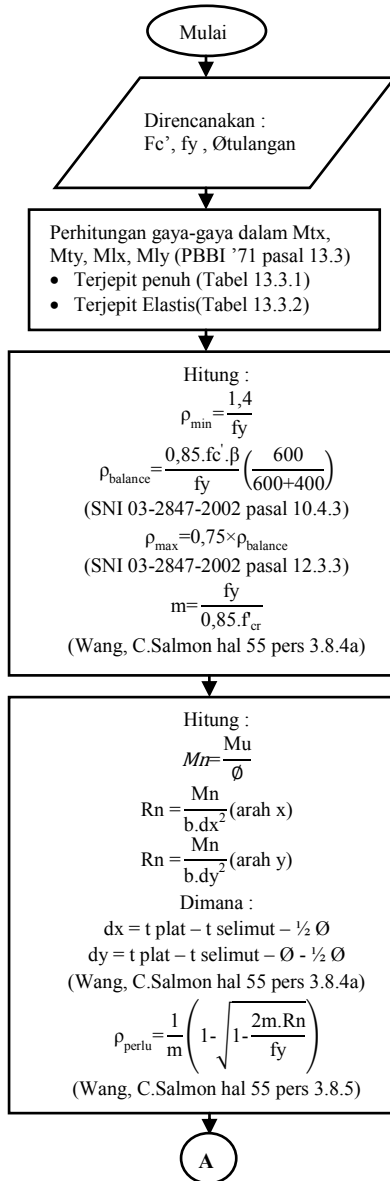
$$F_4 = \frac{W_4 \times h_4}{\Sigma(W \times h)} \times V = \frac{10103050}{31259425} \times 188599$$

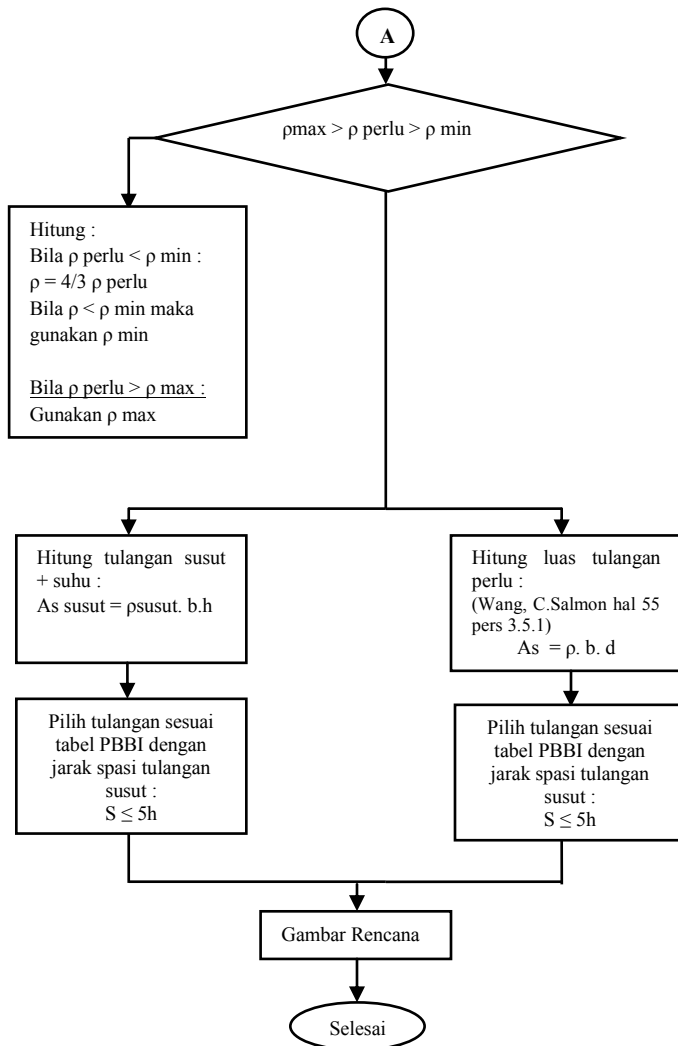
$$= 60955,1 \text{ kg}$$

$$F_5 = \frac{W_5 \times h_5}{\Sigma(W \times h)} \times V = \frac{8429943,3}{31259425} \times 188599$$

$$= 50860,7 \text{ kg}$$

4.3 Perencanaan Pelat





Gambar 4.25 Diagram Alir Penulangan Pelat

4.3.1 Pembebanan Pelat

Pelat direncanakan menerima beban berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983 (PPIUG 1983) berdasarkan fungsi tiap lantai, kombinasi pembebanan yang digunakan adalah :

$$U = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$$

Dimana :

U = Beban ultimate pelat

DL = Beban mati pelat

LL = Beban hidup pelat

Dan untuk pelat Atap Gedung, kombinasi yang digunakan adalah :

$$U = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} + 0,5 \text{ RL}$$

Dimana :

U = Beban ultimate pelat

DL = Beban mati pelat

LL = Beban hidup pelat

RL = Beban air hujan

Dalam penentuan pembebanan pelat digunakan sampel pelat tipe S1 untuk perpustakaan lantai 2,3, dan 4, S1 untuk lantai atap dengan data-data sebagai berikut:

Mutu beton (f'_c) = 30 MPa

Mutu baja (f_y) = 240 MPa

Selimut beton = 20 mm

(SNI 03-2847-2002 pasal 9.7.1)

Diameter tulangan = 10 mm

Pembebanan pada plat dihitung berdasarkan pada Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983 (PPIUG '83) adalah sebagai berikut:

▪ **Pembebanan Pelat Lantai 2,3, dan 4**

• Tipe pelat S1

Beban mati :

$$\begin{aligned}
 \text{Berat pelat} &= 0,12 \times 2400 = 288 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Plafond+Penggantung} &= 11 + 7 = 18 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Spesi (1 cm)} &= 1 \times 21 = 21 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Keramik (1 cm)} &= 1 \times 24 = 24 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Ducting Ac+Instalasi Listrik} &= 40 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Plumbing} &= 25 \text{ kg/m}^2 + \\
 &\hline
 \text{DL} &= 416 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

Beban hidup :

Beban hidup untuk perpustakaan

$$\text{LL} = 400 \text{ kg/m}^2$$

Kuat Perlu :

$$\begin{aligned}
 U &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\
 &= 1,2 (416 \text{ kg/m}^2) + 1,6 (400 \text{ kg/m}^2) \\
 &= 1139,2 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

▪ **Pembebanan Pelat Atap Perpustakaan**

• Tipe pelat S1

Beban mati :

$$\begin{aligned}
 \text{Berat pelat} &= 0,12 \times 2400 = 288 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Plafond+Penggantung} &= 11 + 7 = 18 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Ducting Ac+Instalasi Listrik} &= 40 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Plumbing} &= 25 \text{ kg/m}^2 + \\
 &\hline
 \text{DL} &= 371 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

Beban hidup :

Beban hidup di atap untuk pekerja

$$\text{LL} = 100 \text{ kg/m}^2$$

Kuat Perlu :

$$\begin{aligned}
 U &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\
 &= 1,2 (371 \text{ kg/m}^2) + 1,6 (100 \text{ kg/m}^2) \\
 &= 605,2 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

4.3.2 Analisa Gaya-Gaya Dalam

Untuk menganalisa gaya-gaya dalam yang terjadi pada pelat digunakan Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBBI 1971 pasal 13.3 tabel 13.3.1 hal 202), serta menggunakan program SAP 2000.

Perletakan yang digunakan pada pelat terhadap balok dapat diasumsikan dengan ketentuan sebagai berikut :

- $\alpha_m \leq 0,375$ sebagai tanpa balok tepi
- $1,875 > \alpha_m \geq 0,375$ sebagai balok tepi yang fleksibel
- $\alpha_m \geq 0,375$ sebagai balok tepi yang kaku

Perhitungan yang terjadi pada pelat terjepit penuh yang terkekang pada empat sisinya menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$M_{tx} = 0,001 \times q \times L_x^2 \times X_x$$

$$M_{lx} = 0,001 \times q \times L_x^2 \times X_x$$

$$M_{ty} = -0,001 \times q \times L_x^2 \times X_y$$

$$M_{ly} = -0,001 \times q \times L_x^2 \times X_y$$

(PBBI 1971 pasal 13.3 tabel 13.3.1 hal 202)

Dimana :

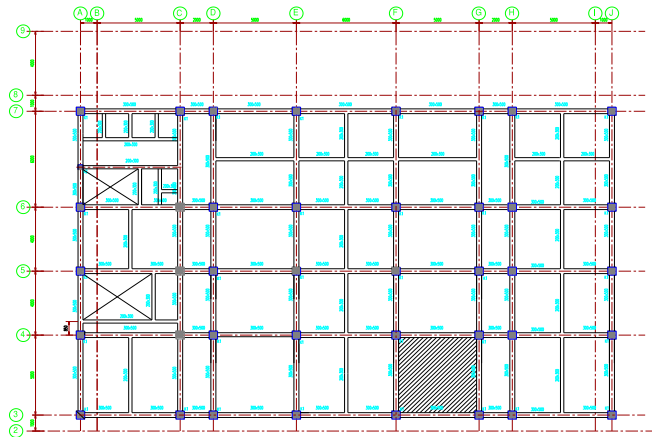
M_{lx} = Momen lapangan arah x

M_{tx} = Momen tumpuan arah x

M_{ly} = Momen lapangan arah y

M_{ty} = Momen tumpuan arah y

4.3.3 Penulangan Pelat Lantai



Gambar 4.26 Denah Pelat Lantai Tipe S1

Pelat (*Slab*) adalah bidang tipis yang menahan beban-beban transversal melalui aksi lentur ke masing-masing tumpuan. Dalam design, gaya-gaya pada pelat bekerja menurut aksi satu arah dan dua arah. Jika perbandingan dari bentang panjang (L_y) terhadap bentang pendek (L_x) besarnya 2 kali lebar atau lebih, maka hampir semua beban lantai menuju balok-balok dan hanya sebagian kecil akan menyalur secara langsung ke gelagar. Sehingga pelat dapat direncanakan sebagai **pelat satu arah (*one way slab*)**, dengan tulangan utama yang sejajar dengan gelagar dan tulangan susut dan suhu yang sejajar dengan balok-balok. Sedangkan bila perbandingan dari bentang panjang (L_y) terhadap bentang pendek (L_x) besarnya lebih dari 2, maka seluruh beban lantai menyebabkan permukaan lendutan pelat mempunyai kelengkungan ganda. Beban lantai dipikul dalam kedua arah oleh empat balok pendukung di sekelilingnya, dengan demikian panel disebut **pelat dua arah (*two way slab*)**,

dengan tulangan dipasang 2 arah yaitu searah sumbu x dan searah sumbu y, sedangkan tulangan susut dan suhu dipasang mengitari pelat tersebut. **(Desain Beton Bertulang, oleh C.K. Wang dan C.G.Salmon Bab 16)**

Untuk perhitungan penulangan pelat lantai menggunakan tulangan Ø 10 mm untuk tulangan utama dan Ø 8 mm untuk tulangan susut, tebal selimut 20 mm (syarat minimum SNI 03-2847-2002 Pasal 9.7.1), dan dihitung berdasarkan lebar per meter lari.

Dalam contoh perhitungan penulangan pelat ini diambil pelat tipe S1 untuk lantai 2, 3 dan, 4 yang berdimensi 5m x 5m, sedangkan perhitungan pelat-pelat yang lain disajikan dalam bentuk tabel.

➤ **Perhitungan Momen-Momen Pelat Lantai**

Diketahui :

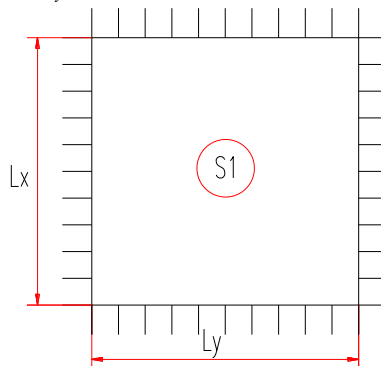
$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{5}{5} = 1 < 2, \text{ termasuk pelat dua arah}$$

Tumpuan : $X_x = 52$

$X_y = 52$

Lapangan : $X_x = 21$

$X_y = 21$



Gambar 4.27 Asumsi Pelat (Lantai) Terjepit Penuh

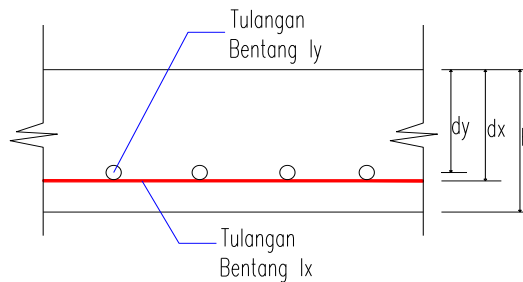
$$\begin{aligned}
 M_{tx} &= 0,001 \times q \times L_x^2 \times X_x \\
 &= 0,001 \times 1139,2 \times 5^2 \times 52 \\
 &= 1480,96 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{ty} &= 0,001 \times q \times L_x^2 \times X_y \\
 &= 0,001 \times 1139,2 \times 5^2 \times 52 \\
 &= 1480,96 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{lx} &= 0,001 \times q \times L_x^2 \times X_x \\
 &= 0,001 \times 1139,2 \times 5^2 \times 21 \\
 &= 598,08 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{ly} &= 0,001 \times q \times L_x^2 \times X_y \\
 &= 0,001 \times 1139,2 \times 5^2 \times 21 \\
 &= 598,08 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

➤ Perhitungan Tulangan Pelat



Gambar 4.28 Asumsi Tinggi Manfaat Pelat Lantai, d_x dan d_y

$$\begin{aligned}
 d_x &= h - t_{\text{selimut}} - 0,5\emptyset \\
 &= 120 - 20 - 0,5.10 \\
 &= 95 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d_y &= h - t_{\text{selimut}} - 0,5\emptyset - \emptyset \\
 &= 120 - 20 - 0,5.10 - 10 \\
 &= 85 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

(SNI-03-2847-2002 pasal 12.5.1)

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

(SNI-03-2847-2002 pasal 10.4.3)

$$\begin{aligned}\rho_{\text{bal}} &= \frac{0,85 \times f_c' \times \beta_1 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)}{f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 30 \times 0,85 \left(\frac{600}{600 + 400} \right)}{400} \\ &= 0,0325\end{aligned}$$

(SNI-03-2847-2002 pasal 12.3.3)

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_{\text{balance}} \\ &= 0,75 \times 0,0325 \\ &= 0,0244\end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,686$$

Penulangan Lapangan

Nilai faktor reduksi kapasitas (ϕ) diberikan untuk memperkirakan kemungkinan tidak tepatnya perhitungan momen kapasitas akibat perbedaan-perbedaan dalam mutu bahan, kualitas pengerjaan, dan ketelitian dalam pengukuran. Jika hal ini tidak diperhitungkan, maka akan berakibat *undercapacity* (penurunan kekuatan) struktur.

Arah X

$$M_{\text{lx}} = 598,08 \text{ kg.m/m} = 5980800 \text{ N.mm/m}$$

$$M_n = \frac{5980800}{0,8} = 7476000 \text{ N.mm/m}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b.d_x^2} = \frac{7476000}{1000.95^2} = 0,828$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,686} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,686 \cdot 0,828}{400}} \right) \\ &= 0,002105\end{aligned}$$

ρ_{\min} , ρ_{perlu} , dan ρ_{\max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,002105 < 0,0244 \dots \text{Tidak Ok}$$

$\rho_{\min} > \rho_{\text{perlu}}$ Maka, ρ_{perlu} perlu dinaikkan 30%

$$1,3 \times \rho_{\text{perlu}} = 0,002737$$

Tetap $\rho_{\min} > \rho_{\text{perlu}}$, maka dipakai ρ_{\min}

$$\begin{aligned}A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho_{\min} \times b \times d_x \\ &= 0,0035 \times 1000 \times 95 \\ &= 332,5 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Batas Spasi Tulangan

(SNI 03-2847-2002 pasal 15.3.2)

$$S_{\max} \leq 2h$$

$$S_{\max} = 2.120 \text{ mm} = 240 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan Ø 10

$$\begin{aligned}S &= \frac{0,25 \times \pi \times \varphi^2 \times b}{A_s} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{332,5} \\ &= 236,09 \text{ mm}\end{aligned}$$

$S < S_{\max}$ maka dipakai S

Tulangan yang dipakai Ø 10 – 200

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{pasang}}} &= \frac{0,25 \times \pi \times \varphi^2 \times b}{S_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{200} \\ &= 392,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Arah Y

$$M_{ly} = 598,08 \text{ kg.m/m} = 5980800 \text{ N.mm/m}$$

$$M_n = \frac{5980800}{0,8} = 7476000 \text{ N.mm/m}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d_x^2} = \frac{7476000}{1000 \cdot 85^2} = 1,035$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,686} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,686 \cdot 1,035}{400}} \right) \\ &= 0,00264 \end{aligned}$$

ρ_{\min} , ρ_{perlu} , dan ρ_{\max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,00264 < 0,0244 \dots \text{Tidak Ok}$$

$$\rho_{\min} > \rho_{\text{perlu}} \text{ Maka, } \rho_{\text{perlu}} \text{ perlu dinaikkan } 30\%$$

$$1,3 \times \rho_{\text{perlu}} = 0,00343$$

Tetap $\rho_{\min} > \rho_{\text{perlu}}$, maka dipakai ρ_{\min}

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho_{\min} \times b \times d_y \\ &= 0,0035 \times 1000 \times 85 \\ &= 297,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Batas Spasi Tulangan

(SNI 03-2847-2002 pasal 15.3.2)

$$S_{\max} \leq 2h$$

$$S_{\max} = 2.120 \text{ mm} = 240 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan Ø 10

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \times \pi \times \varphi^2 \times b}{A_s} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{297,5} \\ &= 264 \text{ mm} \end{aligned}$$

$S > S_{\max}$ maka dipakai S_{\max}

Tulangan yang dipakai Ø 10 – 200

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{pasang}}} &= \frac{0,25 \times \pi \times \varphi^2 \times b}{S_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{200} \\ &= 392,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Penulangan Tumpuan

Arah X

$$M_{\text{tx}} = 1480,96 \text{ kg m/m} = 14809600 \text{ N.mm/m}$$

$$M_n = \frac{14809600}{0,8} = 18512000 \text{ N.mm/m}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d_x^2} = \frac{18512000}{1000 \cdot 95^2} = 2,051$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{15,686} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,686 \cdot 2,051}{400}} \right) \\
 &= 0,00535
 \end{aligned}$$

ρ_{min} , ρ_{perlu} , dan ρ_{max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

$$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}}$$

$$0,0035 < 0,00535 < 0,0244 \dots \text{Ok}$$

maka dipakai ρ_{perlu}

$$\begin{aligned}
 A_{s\text{perlu}} &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d_x \\
 &= 0,00535 \times 1000 \times 95 \\
 &= 508,25 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Batas Spasi Tulangan

(SNI 03-2847-2002 pasal 15.3.2)

$$S_{\text{max}} \leq 2h$$

$$S_{\text{max}} = 2.120 \text{ mm} = 240 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan Ø 10

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{0,25 \times \pi \times \varphi^2 \times b}{A_s} \\
 &= \frac{0,25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{508,25} \\
 &= 154,53 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$S < S_{\text{max}}$ maka dipakai S

Tulangan yang dipakai Ø 10 – 130

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{pasang}}} &= \frac{0,25 \times \pi \times \varphi^2 \times b}{S_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{130} \\ &= 604,152 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan Susut

(SNI 03-2847-2002 pasal 9.12.2.1)

Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir jaringan kawat las (polos atau ulir) mutu 400 dipakai = 0,0018

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{susut}}} &= \rho_{\text{susut}} \times b \times t_{\text{plat}} \\ &= 0,0018 \times 1000 \times 120 \\ &= 216 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Batas Spasi Tulangan Susut

(SNI 03-2847-2002 pasal 9.12.2.2)

$$S_{\text{max}} \leq 5h \text{ atau } S_{\text{max}} \leq 450 \text{ mm}$$

$$S_{\text{max}} = 5 \times 120 \text{ mm} = 600 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan Ø 8

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \times \pi \times \varphi^2 \times b}{A_s} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times 8^2 \times 1000}{216} \\ &= 232,59 \text{ mm} \end{aligned}$$

$S < S_{\text{max}}$ maka dipakai S

Tulangan yang dipakai Ø 8 – 200

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{pasang}}} &= \frac{0,25 \times \pi \times \varphi^2 \times b}{S_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times 8^2 \times 1000}{200} \\ &= 251,2 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Arah Y

$$M_{ty} = 1480,96 \text{ kg m/m} = 14809600 \text{ N.mm/m}$$

$$M_n = \frac{14809600}{0,8} = 18512000 \text{ N.mm/m}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d_x^2} = \frac{18512000}{1000 \cdot 85^2} = 2,56$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,686} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,686 \cdot 2,56}{400}} \right) \\ &= 0,00675 \end{aligned}$$

ρ_{min} , ρ_{perlu} , dan ρ_{max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

$$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}}$$

$$0,0035 < 0,00675 < 0,0244 \dots \text{ Ok}$$

maka dipakai ρ_{perlu}

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d_y \\ &= 0,00675 \times 1000 \times 85 \\ &= 573,75 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

*Batas Spasi Tulangan***(SNI 03-2847-2002 pasal 15.3.2)**

$$S_{\max} \leq 2h$$

$$S_{\max} = 2.120 \text{ mm} = 240 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan Ø 10

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \times \pi \times \varphi^2 \times b}{A_s} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{573,75} \\ &= 136,9 \text{ mm} \end{aligned}$$

maka dipakai S

Tulangan yang dipakai Ø 10 – 130

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{pasang}}} &= \frac{0,25 \times \pi \times \varphi^2 \times b}{S_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{130} \\ &= 604,152 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan Susut**(SNI 03-2847-2002 pasal 9.12.2)(1)**

Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir jaringan kawat las (polos atau ulir) mutu 400 dipakai = 0,0018

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{susut}}} &= \rho_{\text{susut}} \times b \times t_{\text{plat}} \\ &= 0,0018 \times 1000 \times 120 \\ &= 216 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

*Batas Spasi Tulangan Susut***(SNI 03-2847-2002 pasal 9.12.2)(2)**

$$S_{\max} \leq 5h \text{ atau } S_{\max} \leq 450 \text{ mm}$$

$$S_{\max} = 5 \times 120 \text{ mm} = 600 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan Ø 8

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{0,25 \times \pi \times \varphi^2 \times b}{A_s} \\
 &= \frac{0,25 \times \pi \times 8^2 \times 1000}{216} \\
 &= 232,59 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$S < S_{\max}$ maka dipakai S

Tulangan yang dipakai Ø 8 – 200

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\text{pasang}}} &= \frac{0,25 \times \pi \times \varphi^2 \times b}{S_{\text{pakai}}} \\
 &= \frac{0,25 \times \pi \times 8^2 \times 1000}{200} \\
 &= 251,2 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol Lendutan

Karena tebal yang digunakan lebih besar dari tebal minimum, maka lendutan tidak perlu dikontrol.

(SNI 03-2847-2002 pasal 11.5.3)(4)

Kontrol Retak

(SNI 03-2847-2002 pasal 12.6)

$$Z = fs \sqrt[3]{d_c A}$$

$\leq 30 \text{ MN/m}$ untuk struktur di dalam ruangan

$\leq 25 \text{ MN/m}$ untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar

F_s diambil 60% dari kuat leleh yang disyaratkan

d_c adalah jarak antar titik berat tulangan utama sampai ke serat tarik terluar.

$A = 2d_c \times S$; dengan S adalah jarak antar batang tulangan

Dimana :

$$\begin{aligned}d_c &= \text{decking} + 0,5 \varnothing_{\text{tulangan}} \\&= 20 + (0,5 \times 10) \\&= 25 \text{ mm}\end{aligned}$$

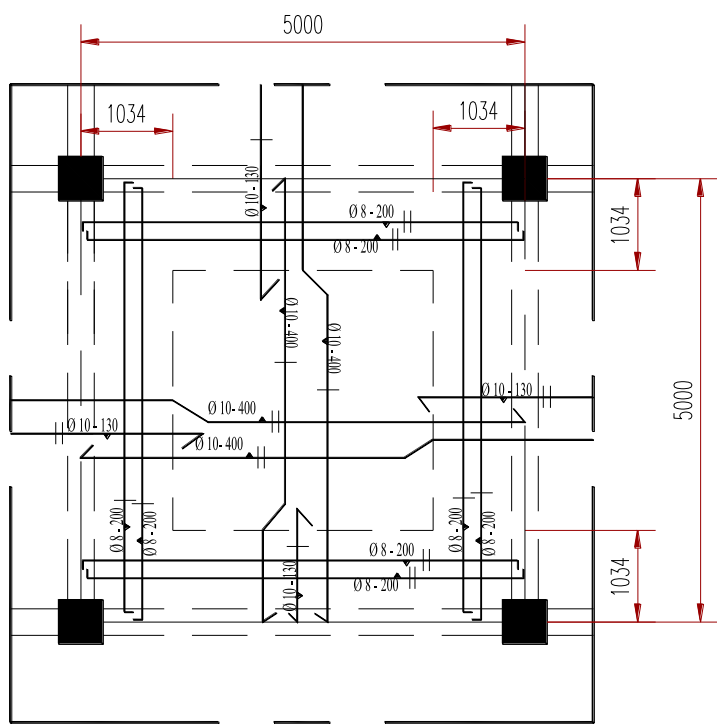
$$\begin{aligned}A &= 2d_c \times S \\&= 2 \times 25 \times 200 \\&= 10000 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Z &= fs\sqrt{d_c A} \\&= 0,6 \times 400 \times \sqrt{25 \times 10000} \\&= 15119,05 \text{ N/mm} \\&= 15,12 \text{ MN/mm} \leq 30 \text{ MN/mm} \dots \text{OK}\end{aligned}$$

Sebagai alternatif terhadap perhitungan nilai Z, dapat dilakukan perhitungan lebar retak yang diberikan oleh :

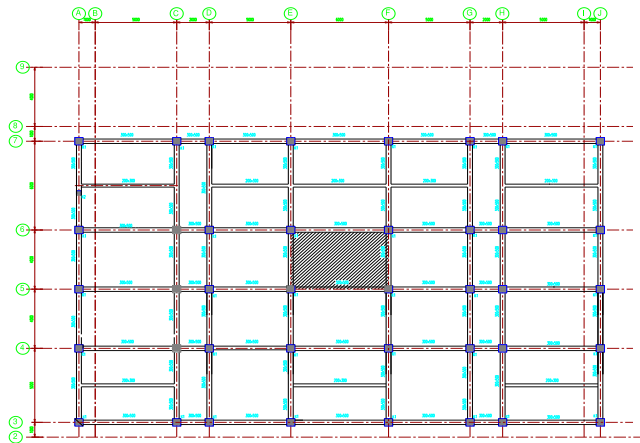
$$\begin{aligned}\omega &= 11 \times 10^{-6} \times \beta \times fs\sqrt{d_c A} \\&= 11 \times 10^{-6} \times 0,85 \times 0,6 \times 400 \sqrt{25 \times 10000} \\&= 0,14 \text{ mm}\end{aligned}$$

Nilai lebar retak yang diperoleh tidak boleh melebihi 0,4 mm untuk penampang di dalam ruangan dan 0,3 mm untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar, dimana $\beta = 0,85$ untuk $f_c' \leq 30 \text{ Mpa}$.



Gambar 4.29 Detail Penulangan Pelat Lantai

4.3.4 Penulangan Pelat Atap



Gambar 4.30 Denah Pelat Atap Tipe S1

Untuk perhitungan penulangan pelat atap menggunakan tulangan $\varnothing 10$ mm untuk tulangan utama dan $\varnothing 8$ mm untuk tulangan susut, tebal selimut 20 mm (syarat minimum SNI 03-2847-2002 Pasal 9.7.1), dan dihitung berdasarkan lebar per meter lari.

Dalam contoh perhitungan penulangan pelat ini diambil pelat tipe S1 untuk atap berdimensi 6m x 4m, sedangkan perhitungan pelat-pelat yang lain disajikan dalam bentuk tabel.

➤ Perhitungan Momen-Momen Pelat Atap

Diketahui :

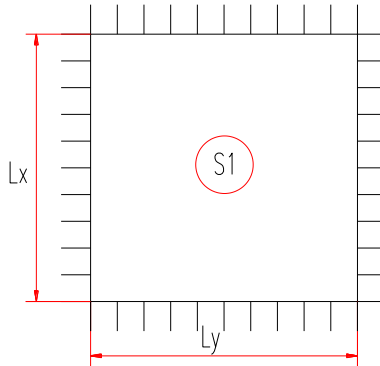
$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{6}{4} = 1,5 < 2, \text{ termasuk pelat dua arah}$$

$$\text{Tumpuan} : X_x = 76$$

$$X_y = 57$$

$$\text{Lapangan} : X_x = 36$$

$$X_y = 17$$



Gambar 4.31 Asumsi Pelat (Atap) Terjepit Penuh

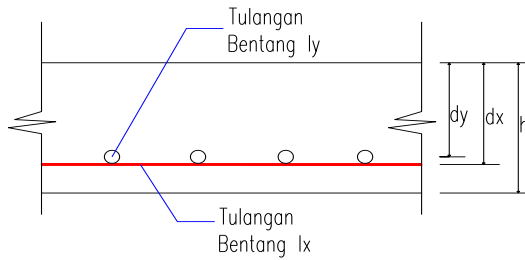
$$\begin{aligned}
 M_{tx} &= 0,001 \times q \times L_x^2 \times X_x \\
 &= 0,001 \times 605,2 \times 4^2 \times 76 \\
 &= 735,92 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{ty} &= 0,001 \times q \times L_x^2 \times X_y \\
 &= 0,001 \times 605,2 \times 4^2 \times 57 \\
 &= 551,94 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{tx} &= 0,001 \times q \times L_x^2 \times X_x \\
 &= 0,001 \times 605,2 \times 4^2 \times 36 \\
 &= 348,6 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{ty} &= 0,001 \times q \times L_x^2 \times X_y \\
 &= 0,001 \times 605,2 \times 4^2 \times 17 \\
 &= 164,61 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

➤ **Perhitungan Tulangan Pelat**



Gambar 4.32 Asumsi Tinggi Manfaat Pelat Atap, d_x dan d_y

$$\begin{aligned} d_x &= h - t_{\text{selimut}} - 0,5\emptyset \\ &= 120 - 20 - 0,5 \cdot 10 \\ &= 95 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_y &= h - t_{\text{selimut}} - 0,5\emptyset - \emptyset \\ &= 120 - 20 - 0,5 \cdot 10 - 10 \\ &= 85 \text{ mm} \end{aligned}$$

(SNI-03-2847-2002 pasal 12.5.1)

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

(SNI-03-2847-2002 pasal 10.4.3)

$$\begin{aligned} \rho_{\text{bal}} &= \frac{0,85 \times f_c' \times \beta_1 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)}{f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 30 \times 0,85 \left(\frac{600}{600 + 400} \right)}{400} \\ &= 0,0325 \end{aligned}$$

(SNI-03-2847-2002 pasal 12.3.3)

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_{\text{balance}} \\ &= 0,75 \times 0,0325 \\ &= 0,0244\end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,686$$

Penulangan Lapangan

Nilai faktor reduksi kapasitas (ϕ) diberikan untuk memperkirakan kemungkinan tidak tepatnya perhitungan momen kapasitas akibat perbedaan-perbedaan dalam mutu bahan, kualitas pengerjaan, dan ketelitian dalam pengukuran. Jika hal ini tidak diperhitungkan, maka akan berakibat *undercapacity* (penurunan kekuatan) struktur.

Arah X

$$M_{lx} = 348,6 \text{ kg m/m} = 3486000 \text{ N.mm/m}$$

$$M_n = \frac{3486000}{0,8} = 4357500 \text{ N.mm/m}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d_x^2} = \frac{4357500}{1000 \cdot 95^2} = 0,483$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,686} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,686 \cdot 0,483}{400}} \right) \\ &= 0,00122\end{aligned}$$

ρ_{\min} , ρ_{perlu} , dan ρ_{\max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,00122 < 0,0244 \dots \text{ Tidak Ok}$$

$\rho_{\min} > \rho_{\text{perlu}}$ Maka, ρ_{perlu} perlu dinaikkan 30%

$$1,3 \times \rho_{\text{perlu}} = 0,00159$$

Tetap $\rho_{\min} > \rho_{\text{perlu}}$, maka dipakai ρ_{\min}

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho_{\min} \times b \times d_x \\ &= 0,0035 \times 1000 \times 95 \\ &= 332,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Batas Spasi Tulangan

(SNI 03-2847-2002 pasal 15.3.2)

$$S_{\max} \leq 2h$$

$$S_{\max} = 2.120 \text{ mm} = 240 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan Ø 10

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \times \pi \times \varphi^2 \times b}{A_s} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{332,5} \\ &= 236,09 \text{ mm} \end{aligned}$$

$S < S_{\max}$ maka dipakai S

Tulangan yang dipakai Ø 10 – 200

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{pasang}}} &= \frac{0,25 \times \pi \times \varphi^2 \times b}{S_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{200} \\ &= 392,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Arah Y

$$M_{ly} = 164,61 \text{ kg.m/m} = 1646100 \text{ N.mm/m}$$

$$M_n = \frac{1646100}{0,8} = 2057625 \text{ N.mm/m}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d_x^2} = \frac{2057625}{1000 \cdot 85^2} = 0,285$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,686} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,686 \cdot 0,285}{400}} \right) \\ &= 0,000716 \end{aligned}$$

ρ_{\min} , ρ_{perlu} , dan ρ_{\max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,000716 < 0,0244 \dots \text{Tidak Ok}$$

$\rho_{\min} > \rho_{\text{perlu}}$ Maka, ρ_{perlu} perlu dinaikkan 30%

$$1,3 \times \rho_{\text{perlu}} = 0,000931$$

Tetap $\rho_{\min} > \rho_{\text{perlu}}$, maka dipakai ρ_{\min}

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho_{\min} \times b \times d_y \\ &= 0,0035 \times 1000 \times 85 \\ &= 297,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Batas Spasi Tulangan

(SNI 03-2847-2002 pasal 15.3.2)

$$S_{\max} \leq 2h$$

$$S_{\max} = 2.120 \text{ mm} = 240 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan Ø 10

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{0,25 \times \pi \times \varphi^2 \times b}{A_s} \\
 &= \frac{0,25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{297,5} \\
 &= 264 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$S > S_{\max}$ maka dipakai S_{\max}

Tulangan yang dipakai Ø 10 – 200

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\text{pasang}}} &= \frac{0,25 \times \pi \times \varphi^2 \times b}{S_{\text{pakai}}} \\
 &= \frac{0,25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{200} \\
 &= 392,5 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Penulangan Tumpuan

Arah X

$$M_{\text{tx}} = 735,92 \text{ kg.m/m} = 7359200 \text{ N.mm/m}$$

$$M_n = \frac{7359200}{0,8} = 9199000 \text{ N.mm/m}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d_x^2} = \frac{9199000}{1000 \cdot 95^2} = 1,019$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{15,686} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,686 \cdot 1,019}{400}} \right) \\
 &= 0,0026
 \end{aligned}$$

ρ_{\min} , ρ_{perlu} , dan ρ_{\max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0026 < 0,0244 \dots \text{Tidak Ok}$$

$\rho_{\min} > \rho_{\text{perlu}}$ Maka, ρ_{perlu} perlu dinaikkan 30%

$$1,3 \times \rho_{\text{perlu}} = 0,00338$$

Tetap $\rho_{\min} > \rho_{\text{perlu}}$, maka dipakai ρ_{\min}

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d_x \\ &= 0,0035 \times 1000 \times 95 \\ &= 332,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Batas Spasi Tulangan

(SNI 03-2847-2002 pasal 15.3.2)

$$S_{\max} \leq 2h$$

$$S_{\max} = 2.120 \text{ mm} = 240 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan Ø 10

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \times \pi \times \varphi^2 \times b}{A_s} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{332,5} \\ &= 236,09 \text{ mm} \end{aligned}$$

$S < S_{\max}$ maka dipakai S

Tulangan yang dipakai Ø 10 – 200

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{pasang}}} &= \frac{0,25 \times \pi \times \varphi^2 \times b}{S_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{200} \\ &= 392,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan Susut

(SNI 03-2847-2002 pasal 9.12.2)(1)

Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir jaringan kawat las (polos atau ulir) mutu 400 dipakai = 0,0018

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{susut}}} &= \rho_{\text{susut}} \times b \times t_{\text{plat}} \\ &= 0,0018 \times 1000 \times 120 \\ &= 216 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Batas Spasi Tulangan Susut

(SNI 03-2847-2002 pasal 9.12.2)(2)

$$S_{\text{max}} \leq 5h \text{ atau } S_{\text{max}} \leq 450 \text{ mm}$$

$$S_{\text{max}} = 5 \times 120 \text{ mm} = 600 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan Ø 8

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{A_s} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times 8^2 \times 1000}{216} \\ &= 232,59 \text{ mm} \end{aligned}$$

$S < S_{\text{max}}$ maka dipakai S

Tulangan yang dipakai Ø 8 – 200

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{pasang}}} &= \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{S_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times 8^2 \times 1000}{200} \\ &= 251,2 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Arah Y

$$M_{ty} = 551,94 \text{ kg.m/m} = 5519400 \text{ N.mm/m}$$

$$M_n = \frac{5519400}{0,8} = 6899250 \text{ N.mm/m}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d_x^2} = \frac{6899250}{1000 \cdot 85^2} = 0,955$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,686} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,686 \cdot 0,955}{400}} \right) \\ &= 0,00243 \end{aligned}$$

ρ_{\min} , ρ_{perlu} , dan ρ_{\max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,00243 < 0,0244 \dots \text{ Tidak Ok}$$

$\rho_{\min} > \rho_{\text{perlu}}$ Maka, ρ_{perlu} perlu dinaikkan 30%

$$1,3 \times \rho_{\text{perlu}} = 0,00316$$

Tetap $\rho_{\min} > \rho_{\text{perlu}}$, maka dipakai ρ_{\min}

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d_x \\ &= 0,0035 \times 1000 \times 95 \\ &= 332,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Batas Spasi Tulangan

(SNI 03-2847-2002 pasal 15.3.2)

$$S_{\max} \leq 2h$$

$$S_{\max} = 2.120 \text{ mm} = 240 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan Ø 10

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{0,25 \times \pi \times \varphi^2 \times b}{A_s} \\
 &= \frac{0,25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{332,5} \\
 &= 236,09 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$S < S_{\max}$ maka dipakai S

Tulangan yang dipakai Ø 10 – 200

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\text{pasang}}} &= \frac{0,25 \times \pi \times \varphi^2 \times b}{S_{\text{pakai}}} \\
 &= \frac{0,25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{200} \\
 &= 392,5 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Tulangan Susut

(SNI 03-2847-2002 pasal 9.12.2)(1)

Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir jaringan kawat las (polos atau ulir) mutu 400 dipakai = 0,0018

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\text{susut}}} &= \rho_{\text{susut}} \times b \times t_{\text{plat}} \\
 &= 0,0018 \times 1000 \times 120 \\
 &= 216 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Batas Spasi Tulangan Susut

(SNI 03-2847-2002 pasal 9.12.2)(2)

$$S_{\max} \leq 5h \text{ atau } S_{\max} \leq 450 \text{ mm}$$

$$S_{\max} = 5 \times 120 \text{ mm} = 600 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan Ø 8

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times \varphi^2 \times b}{A_s}$$

$$= \frac{0,25 \times \pi \times 8^2 \times 1000}{216}$$

$$= 232,59 \text{ mm}$$

$S < S_{\max}$ maka dipakai S

Tulangan yang dipakai Ø 8 – 200

$$A_{s_{\text{pasang}}} = \frac{0,25 \times \pi \times \varphi^2 \times b}{S_{\text{pakai}}}$$

$$= \frac{0,25 \times \pi \times 8^2 \times 1000}{200}$$

$$= 251,2 \text{ mm}^2$$

Kontrol Lendutan

Karena tebal yang digunakan lebih besar dari tebal minimum, maka lendutan tidak perlu dikontrol.

(SNI 03-2847-2002 pasal 11.5.3)(4)

Kontrol Retak

(SNI 03-2847-2002 pasal 12.6)

$$Z = f_s \sqrt{d_c A}$$

$\leq 30 \text{ MN/m}$ untuk struktur di dalam ruangan

$\leq 25 \text{ MN/m}$ untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar

F_s diambil 60% dari kuat leleh yang disyaratkan

d_c adalah jarak antar titik berat tulangan utama sampai ke serat tarik terluar.

$A = 2d_c \times S$; dengan S adalah jarak antar batang tulangan

Dimana :

$$\begin{aligned}d_c &= \text{decking} + 0,5 \varnothing_{\text{tulangan}} \\&= 20 + (0,5 \times 10) \\&= 25 \text{ mm}\end{aligned}$$

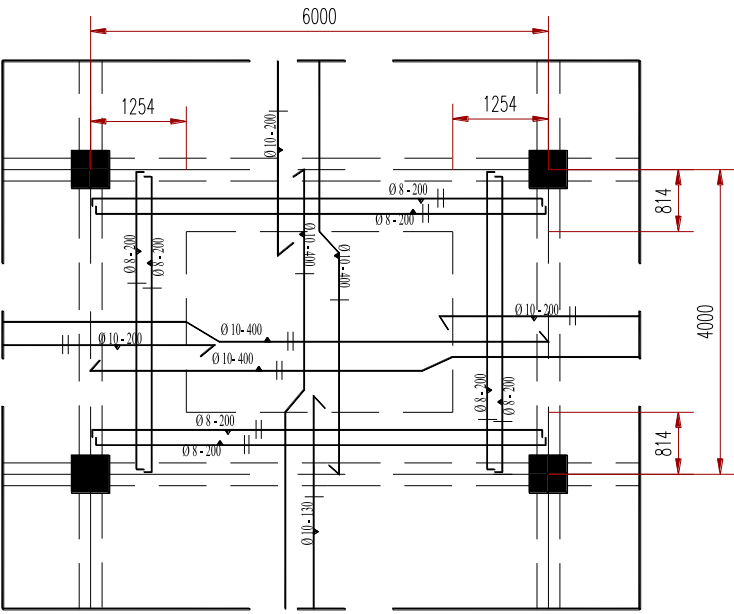
$$\begin{aligned}A &= 2d_c \times S \\&= 2 \times 25 \times 200 \\&= 10000 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Z &= fs\sqrt[3]{d_c A} \\&= 0,6 \times 400 \times \sqrt[3]{25 \times 10000} \\&= 15119,05 \text{ N/mm} \\&= 15,12 \text{ MN/mm} \leq 30 \text{ MN/mm} \dots \text{OK}\end{aligned}$$

Sebagai alternatif terhadap perhitungan nilai Z, dapat dilakukan perhitungan lebar retak yang diberikan oleh :

$$\begin{aligned}\omega &= 11 \times 10^{-6} \times \beta \times fs\sqrt[3]{d_c A} \\&= 11 \times 10^{-6} \times 0,85 \times 0,6 \times 400\sqrt[3]{25 \times 10000} \\&= 0,14 \text{ mm}\end{aligned}$$

Nilai lebar retak yang diperoleh tidak boleh melebihi 0,4 mm untuk penampang di dalam ruangan dan 0,3 mm untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar, dimana $\beta = 0,85$ untuk $f_c' \leq 30 \text{ Mpa}$.

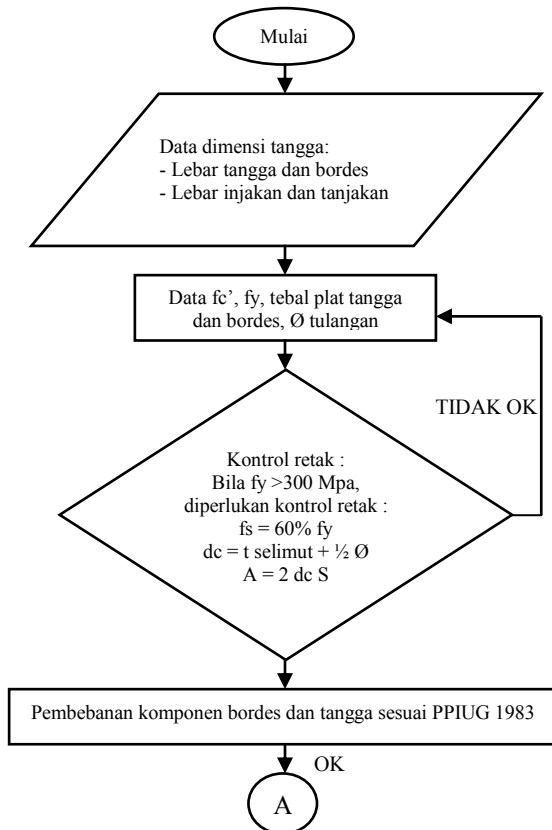


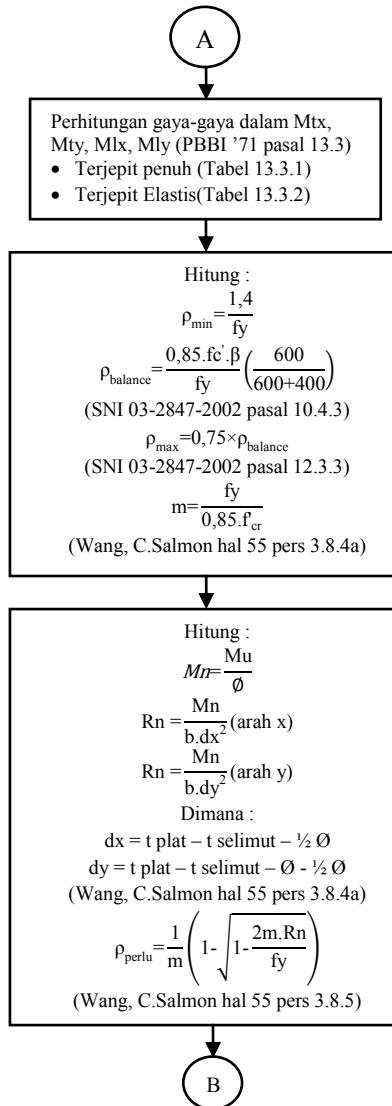
Gambar 4.33 Detail Penulangan Pelat Atap

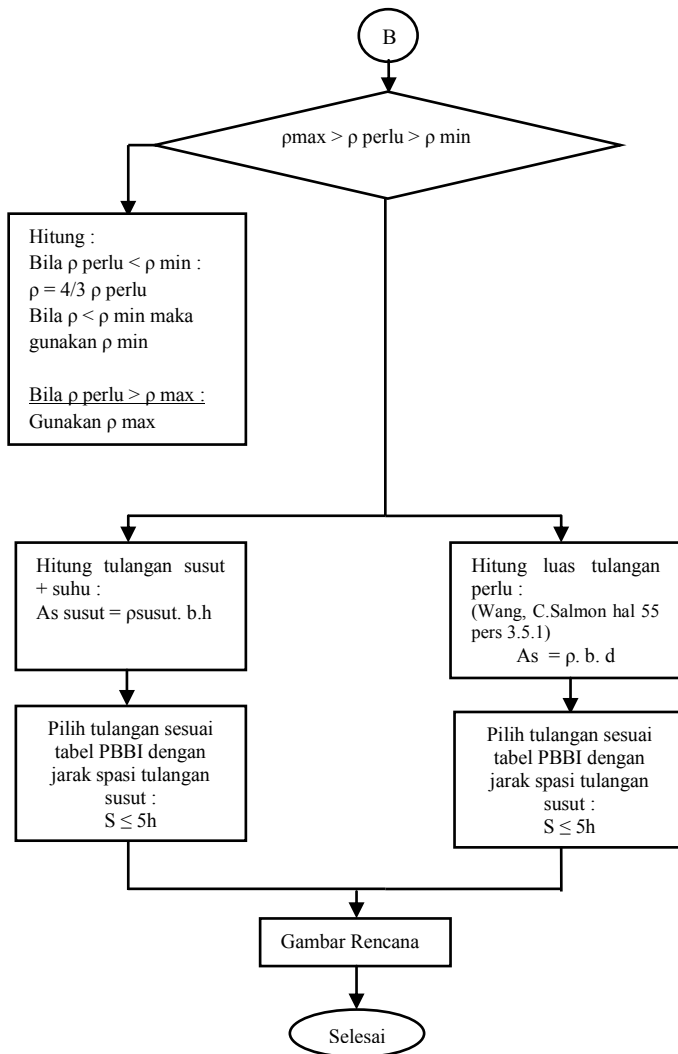
4.4 Perencanaan Tangga

Tangga merupakan bagian dari elemen konstruksi yang berfungsi sebagai penghubung antara lantai satu dengan lantai yang lain. Tangga merupakan elemen penting yang harus ada pada bangunan bertingkat, baik sebagai tangga utama maupun sebagai tangga darurat.

Dalam perencanaan Gedung Perpustakaan UPN Veteran Surabaya ini memiliki dua macam tangga (dua tipe) yaitu tangga utama dan tangga darurat, maka perencanaan tangga dihitung dalam dua perhitungan sesuai tipe tangga.







Gambar 4.34 Diagram Alir Perencanaan Tangga

4.4.1 Perencanaan Tangga Utama

a. Perencanaan Dimensi Tangga

Dimensi awal tangga direncanakan sebagai berikut :

1. Tinggi tingkat (ht) = 500 cm
2. Tinggi Bordes (hb) = 250 cm
3. Panjang datar pelat tangga ($l.datar$) = 390 cm
4. Sudut kemiringan tangga (α)

$$\alpha = \arctan \frac{250}{390} = 33^\circ$$

Dengan syarat sudut kemiringan tangga (α) :

$$25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$$

$$25^\circ \leq 33^\circ \leq 40^\circ \dots\dots\dots \text{OK}$$

5. Lebar injakan (i) = 30 cm

6. Tinggi tanjakan (t) = 20 cm

7. Jumlah tanjakan (nt)

$$= \frac{390}{30} = 13 \text{ buah}$$

8. Jumlah injakan (ni)

$$= nt - 1$$

$$= 13 - 1$$

$$= 12 \text{ buah}$$

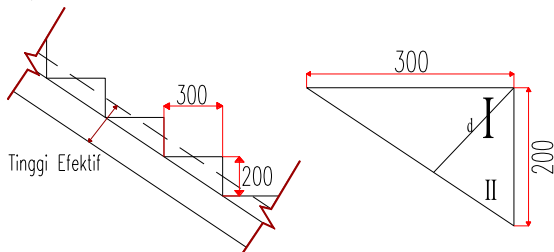
9. Lebar Bordes = 142,5 cm

10. Tebal pelat anak tangga dan bordes = 15 cm

11. Panjang miring tangga ($l \text{ miring}$)

$$= \sqrt{3,9^2 + 2,5^2}$$

$$= 4,6 \text{ m}$$



Dengan perbandingan sudut pada segitiga, maka :

$$\begin{aligned}\text{Luas I} &= \frac{1}{2} \times i \times t \\ &= \frac{1}{2} \times 30 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} \\ &= 300 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Luas II} &= \frac{1}{2} (\sqrt{i^2 + t^2}) \times d \\ &= \frac{1}{2} (\sqrt{30^2 + 20^2}) \times d \\ &= 18,028 \times d\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Persamaan I} &: \text{ II} \\ 300 \text{ cm}^2 &: 18,028 \times d \\ d &= 16,64 \text{ cm} \\ \frac{1}{2} d &= 8,32 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tebal Efektif Pelat Tangga} &= 15 \text{ cm} + 8,32 \text{ cm} \\ &= 23,32 \text{ cm}\end{aligned}$$

Dalam pelaksanaan di lapangan, tanjakan ke- 1 mempunyai tinggi 10 cm, tanjakan ke- 2 sampai tanjakan-13 mempunyai tinggi 20 cm.

b. Pembebanan Tangga

Dalam hal ini, perhitungan beban-beban tangga dibagi atas pembebanan pada anak tangga dan pembebanan pada bordes.

1. Beban yang bekerja pada anak tangga

a. Beban mati (DL)

Berat spesi ($t = 1 \text{ cm}$) :

$$1 \times 21 \text{ kg/m}^2 = 21 \text{ kg/m}^2$$

Berat keramik ($t = 1 \text{ cm}$) :

$$1 \times 24 \text{ kg/m}^2 = 24 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Pegangan tangga (handrail)} = 10 \text{ kg/m}^2 +$$

$$q_{DL} \text{ total} = 55 \text{ kg/m}^2$$

b. Beban hidup (LL)

Beban hidup pada tangga adalah 500 kg/m^2

c. Beban *ultimate* (q_u)

$q_u = 1,2D + 1,6 L$ (data diambil dari perhitungan SAP 2000)

2. Beban yang bekerja pada bordes

a. Beban mati (DL)

Berat spesi ($t = 1 \text{ cm}$) :

$$1 \times 21 \text{ kg/m}^2 = 21 \text{ kg/m}^2$$

Berat keramik ($t = 1 \text{ cm}$) :

$$1 \times 24 \text{ kg/m}^2 = 24 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{DL} \text{ total} = 45 \text{ kg/m}^2$$

b. Beban hidup (LL)

Beban hidup pada tangga adalah 500 kg/m^2

c. Beban *ultimate* (q_u)

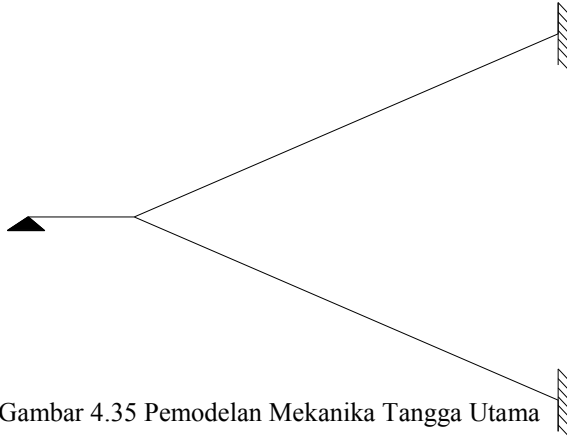
$q_u = 1,2D + 1,6 L$ (data diambil dari perhitungan SAP 2000)

c. Pemodelan Struktur Tangga

Pemodelan struktur tangga dalam hal ini menggunakan program SAP 2000. Adapun data-data yang di-*input* adalah sebagai berikut :

1. *Restraints* : Perletakan jepit-sendir-jepit (pada titik-titik joint pada tumpuan)
2. *Load cases* : Beban mati (D) dan beban hidup (L)
3. *Combinations*: $1,2 D + 1,6 L$
4. *Area Loads (Uniform Shell)* : Untuk semua beban (D dan L), besarnya beban sesuai dengan input pembebanan SAP tangga pada sub bab **b.** di atas.

Pemodelan struktur tangga atas tangga lantai 1 dan lantai 2 pada tangga utama seperti gambar di bawah ini :



Gambar 4.35 Pemodelan Mekanika Tangga Utama

d. Penulangan Struktur Tangga

Penulangan struktur anak tangga dibagi tangga penulangan anak tangga, penulangan pelat bordes, dan penulangan pelat anak tangga.

1. Penulangan Pelat Anak Tangga

Diketahui data perencanaan sebagai berikut :

1. Tebal pelat anak tangga : 150 mm
2. f_c' : 30 Mpa
3. f_y : 400 Mpa
4. Φ (lentur tanpa aksial) : 0,8

Dari perhitungan SAP 2000, didapatkan hasil momen sebagai berikut :

a. Tulangan Arah X

$M_{11} = 41042900 \text{ Nmm/m}$ (nilai maksimum)

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{bal}} &= \frac{0,85 \times f_c' \times \beta_1}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= \frac{0,85 \times 30 \times 0,85}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\
 &= 0,0325 \\
 \rho_{\text{max}} &= 0,75 \times \rho_{\text{balance}} \\
 &= 0,75 \times 0,0325 \\
 &= 0,0244 \\
 m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,686
 \end{aligned}$$

Tebal selimut minimum pelat (p) untuk Ø batang ≤ 36 adalah **20 mm**

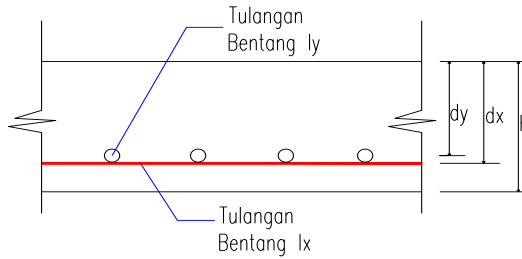
Dalam perhitungan ini digunakan :

Ø Tulangan Utama = 12 mm

Ø Tulangan Susut = 8 mm

$$\begin{aligned}
 d_x &= h - p - 0,5\emptyset \\
 &= 150 - 20 - 0,5.12 \\
 &= 124 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d_y &= h - p - 0,5\emptyset - \emptyset \\
 &= 150 - 20 - 0,5.12 - 12 \\
 &= 112 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.36 Potongan Pelat Anak Tangga Utama

$$M_n = \frac{41042900}{0,8} = 51303625 \text{ N.mm/m}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d_x^2} = \frac{51303625}{1000 \cdot 124^2} = 3,34$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,686} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,686 \cdot 3,34}{400}} \right) \\ &= 0,009 \end{aligned}$$

ρ_{min} , ρ_{perlu} , dan ρ_{max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

$$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}}$$

$$0,0035 < 0,009 < 0,0244 \dots \text{Ok}$$

$$\begin{aligned} A_{s\text{perlu}} &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d_x \\ &= 0,009 \times 1000 \times 124 \\ &= 1116 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Pemilihan tulangan :

$A_s = 1130,97 \text{ mm}^2$ dipakai tulangan $\text{Ø}12\text{-}100 \text{ mm}$
 ($A_{s\text{perlu}} = 1116 \text{ mm}^2$)

Kontrol jarak spasi tulangan :

(SNI 03-2847-2002 pasal 15.2.3)

$$S_{\max} \leq 2h$$

$$100 \text{ mm} \leq 2 \times 150 \text{ mm}$$

$$100 \text{ mm} \leq 300 \text{ mm} \dots \text{Ok}$$

Kontrol lendutan

Karena tebal pelat yang digunakan lebih besar dari tebal minimum, maka lendutan tidak perlu dikontrol.

Kontrol retak

(SNI 03-2847-2002 pasal 12.6)

$$Z = fs\sqrt{d_c A}$$

$\leq 30 \text{ MN/m}$ untuk struktur di dalam ruangan

$\leq 25 \text{ MN/m}$ untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar

F_s diambil 60% dari kuat leleh yang disyaratkan

d_c adalah jarak antar titik berat tulangan utama sampai ke serat tarik terluar.

$A = 2d_c \times S$; dengan S adalah jarak antar batang tulangan

Dimana :

$$d_c = \text{decking} + 0,5 \text{ Ø}_{\text{tulangan}}$$

$$= 20 + (0,5 \times 12)$$

$$= 26 \text{ mm}$$

$$A = 2d_c \times S$$

$$= 2 \times 26 \times 100$$

$$= 5200 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 Z &= fs^3 \sqrt{d_c A} \\
 &= 0,6 \times 400 \times \sqrt[3]{26 \times 5200} \\
 &= 12317,9 \text{ N/mm} \\
 &= 12,32 \text{ MN/mm} \leq 30 \text{ MN/mm} \dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

Sebagai alternatif terhadap perhitungan nilai Z , dapat dilakukan perhitungan lebar retak yang diberikan oleh :

$$\begin{aligned}
 \omega &= 11 \times 10^{-6} \times \beta \times fs^3 \sqrt{d_c A} \\
 &= 11 \times 10^{-6} \times 0,85 \times 0,6 \times 400 \sqrt[3]{26 \times 5200} \\
 &= 0,12 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Nilai lebar retak yang diperoleh tidak boleh melebihi 0,4 mm untuk penampang di dalam ruangan dan 0,3 mm untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar, dimana $\beta = 0,85$ untuk $f_c' \leq 30 \text{ Mpa}$.

b. Tulangan Arah Y

Dipasang Tulangan Susut

Kontrol perlu tulangan susut + suhu

(SNI 03-2847-2002 pasal 9.12.1)

$$\begin{aligned}
 A_{\text{susut}} &= 0,0018 \times b \times h \\
 &= 0,0018 \times 1000 \times 150 \\
 &= 270 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan Ø8 – 150 mm

($A_{\text{pasang}} = 335,1 \text{ mm}^2$)

Kontrol spasi tulangan susut + suhu

(SNI 03-2847-2002 pasal 9.12.2)

$S < 5h < 450 \text{ mm}$

$150 < 5h < 450 \text{ mm} \dots \text{Ok}$

2. Penulangan Pelat Bordes

Diketahui data perencanaan sebagai berikut :

1. Tebal pelat bordes : 150 mm
2. f_c' : 30 Mpa
3. f_y : 400Mpa
4. Φ (lentur tanpa aksial) : 0,8

Dari perhitungan SAP 2000, didapatkan hasil momen sebagai berikut :

a. Tulangan Arah Y

$M_{22} = 35956900 \text{ Nmm/m}$ (nilai maksimum)

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{bal}} &= \frac{0,85 \times f_c' \times \beta_1 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)}{f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 30 \times 0,85 \left(\frac{600}{600 + 400} \right)}{400} \\ &= 0,0325\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_{\text{balance}} \\ &= 0,75 \times 0,0325 \\ &= 0,0244\end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,686$$

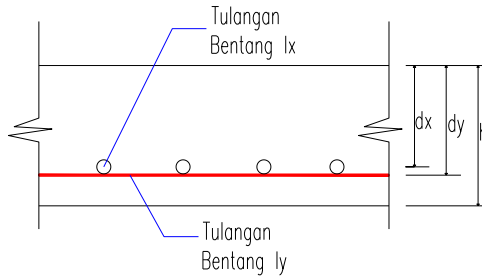
Tebal selimut minimum pelat (p) untuk Φ batang ≤ 36 adalah **20 mm**

Dalam perhitungan ini digunakan :

Φ Tulangan Utama = 12 mm

Φ Tulangan Susut = 8 mm

$$\begin{aligned}
 d_x &= h - p - 0,5\phi - \phi \\
 &= 150 - 20 - 0,5.12 - 12 \\
 &= 112 \text{ mm} \\
 d_y &= h - p - 0,5\phi \\
 &= 150 - 20 - 0,5.12 \\
 &= 124 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.37 Potongan Pelat Bordes Utama

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d_y^2} = \frac{35956900}{0,8 \cdot 1000 \cdot 124^2} = 2,92$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{15,686} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,686 \cdot 2,92}{400}} \right) \\
 &= 0,0077
 \end{aligned}$$

ρ_{\min} , ρ_{perlu} , dan ρ_{\max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0077 < 0,0244 \dots \text{Ok}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d_y \\
 &= 0,0077 \times 1000 \times 124 \\
 &= 954,8 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Pemilihan tulangan :

$A_s = 1130,97 \text{ mm}^2$ dipakai tulangan $\text{Ø}12\text{-}100\text{mm}$
 ($A_{s_{\text{perlu}}} = 954,8 \text{ mm}^2$)

Kontrol jarak spasi tulangan :

(SNI 03-2847-2002 pasal 15.2.3)

$$S_{\text{max}} \leq 2h$$

$$100 \text{ mm} \leq 2 \times 150\text{mm}$$

$$100 \text{ mm} \leq 300 \text{ mm} \dots \text{Ok}$$

Kontrol lendutan

Karena tebal pelat yang digunakan lebih besar dari tebal minimum, maka lendutan tidak perlu dikontrol.

Kontrol retak

(SNI 03-2847-2002 pasal 12.6)

$$Z = fs \sqrt{d_c A}$$

$\leq 30 \text{ MN/m}$ untuk struktur di dalam ruangan

$\leq 25 \text{ MN/m}$ untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar

F_s diambil 60% dari kuat leleh yang disyaratkan

d_c adalah jarak antar titik berat tulangan utama sampai ke serat tarik terluar.

$A = 2d_c \times S$; dengan S adalah jarak antar batang tulangan

Dimana :

$$d_c = \text{decking} + 0,5 \text{ Ø}_{\text{tulangan}}$$

$$= 20 + (0,5 \times 12)$$

$$= 26 \text{ mm}$$

$$A = 2d_c \times S$$

$$= 2 \times 26 \times 100$$

$$= 5200 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 Z &= f_s \sqrt[3]{d_c A} \\
 &= 0,6 \times 400 \times \sqrt[3]{26 \times 5200} \\
 &= 12317,9 \text{ N/mm} \\
 &= 12,32 \text{ MN/mm} \leq 30 \text{ MN/mm} \dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

Sebagai alternatif terhadap perhitungan nilai Z , dapat dilakukan perhitungan lebar retak yang diberikan oleh :

$$\begin{aligned}
 \omega &= 11 \times 10^{-6} \times \beta \times f_s \sqrt[3]{d_c A} \\
 &= 11 \times 10^{-6} \times 0,85 \times 0,6 \times 400 \sqrt[3]{26 \times 5200} \\
 &= 0,12 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Nilai lebar retak yang diperoleh tidak boleh melebihi 0,4 mm untuk penampang di dalam ruangan dan 0,3 mm untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar, dimana $\beta = 0,85$ untuk $f_c' \leq 30 \text{ Mpa}$.

b. Tulangan Arah X

Dipasang Tulangan Susut

Kontrol perlu tulangan susut + suhu

(SNI 03-2847-2002 pasal 9.12.1)

$$\begin{aligned}
 A_{\text{susut}} &= 0,0018 \times b \times h \\
 &= 0,0018 \times 1000 \times 150 \\
 &= 270 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan Ø8 - 150mm

($A_{\text{pasang}} = 335,1 \text{ mm}^2$)

Kontrol spasi tulangan susut + suhu

(SNI 03-2847-2002 pasal 9.12.2)

$S < 5h < 450 \text{ mm}$

$150 < 5h < 450 \text{ mm} \dots \text{Ok}$

4.4.2 Perencanaan Tangga Darurat

a. Perencanaan Dimensi Tangga

Dimensi awal tangga direncanakan sebagai berikut :

1. Tinggi tingkat (ht) = 500 cm
2. Tinggi Bordes (hb) = 250 cm
3. Panjang datar pelat tangga ($l.datar$) = 325 cm
4. Sudut kemiringan tangga (α)

$$\alpha = \arctan \frac{250}{325} = 37,6^\circ$$

Dengan syarat sudut kemiringan tangga (α) :

$$25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$$

$$25^\circ \leq 37,6^\circ \leq 40^\circ \dots\dots\dots \text{OK}$$

5. Lebar injakan (i) = 25 cm
6. Tinggi tanjakan (t) = 20 cm
7. Jumlah tanjakan (nt)

$$= \frac{325}{25} = 13 \text{ buah}$$

8. Jumlah injakan (ni)

$$= nt - 1$$

$$= 13 - 1$$

$$= 12 \text{ buah}$$

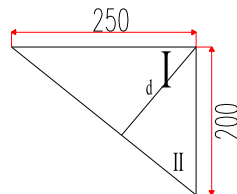
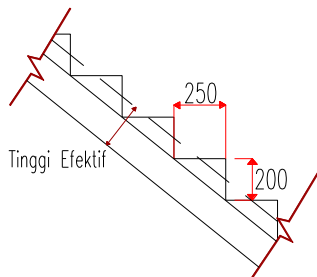
9. Lebar Bordes = 142,5 cm

10. Tebal pelat anak tangga dan bordes = 15 cm

11. Panjang miring tangga ($l \text{ miring}$)

$$= \sqrt{3,25^2 + 2,5^2}$$

$$= 4,1 \text{ m}$$



Dengan perbandingan sudut pada segitiga, maka :

$$\begin{aligned}\text{Luas I} &= \frac{1}{2} \times i \times t \\ &= \frac{1}{2} \times 25 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} \\ &= 250 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Luas II} &= \frac{1}{2} (\sqrt{i^2 + t^2}) \times d \\ &= \frac{1}{2} (\sqrt{25^2 + 20^2}) \times d \\ &= 16,008 \times d\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Persamaan I} &: \text{ II} \\ 250 \text{ cm}^2 &: 16,008 \times d \\ d &= 15,6 \text{ cm} \\ \frac{1}{2} d &= 7,8 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tebal Efektif Pelat Tangga} &= 15 \text{ cm} + 7,8 \text{ cm} \\ &= 22,8 \text{ cm}\end{aligned}$$

Dalam pelaksanaan di lapangan, tanjakan ke- 1 mempunyai tinggi 10 cm, tanjakan ke- 2 sampai tanjakan-13 mempunyai tinggi 20 cm.

b. Pembebanan Tangga

Dalam hal ini, perhitungan beban-beban tangga dibagi atas pembebanan pada anak tangga dan pembebanan pada bordes.

1. Beban yang bekerja pada anak tangga

a. Beban mati (DL)

Berat spesi ($t = 1 \text{ cm}$) :

$$1 \times 21 \text{ kg/m}^2 = 21 \text{ kg/m}^2$$

Berat keramik ($t = 1 \text{ cm}$) :

$$1 \times 24 \text{ kg/m}^2 = 24 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Pegangan tangga (handrail)} = 10 \text{ kg/m}^2 +$$

$$q_{DL} \text{ total} = 55 \text{ kg/m}^2$$

b. Beban hidup (LL)

Beban hidup pada tangga adalah 500 kg/m^2

c. Beban *ultimate* (q_u)

$q_u = 1,2D + 1,6 L$ (data diambil dari perhitungan SAP 2000)

2. Beban yang bekerja pada bordes

a. Beban mati (DL)

Berat spesi ($t = 1 \text{ cm}$) :

$$1 \times 21 \text{ kg/m}^2 = 21 \text{ kg/m}^2$$

Berat keramik ($t = 1 \text{ cm}$) :

$$1 \times 24 \text{ kg/m}^2 = 24 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{DL} \text{ total} = 45 \text{ kg/m}^2$$

b. Beban hidup (LL)

Beban hidup pada tangga adalah 500 kg/m^2

c. Beban *ultimate* (q_u)

$q_u = 1,2D + 1,6 L$ (data diambil dari perhitungan SAP 2000)

c. Pemodelan Struktur Tangga

Pemodelan struktur tangga dalam hal ini menggunakan program SAP 2000. Adapun data-data yang di-*input* adalah sebagai berikut :

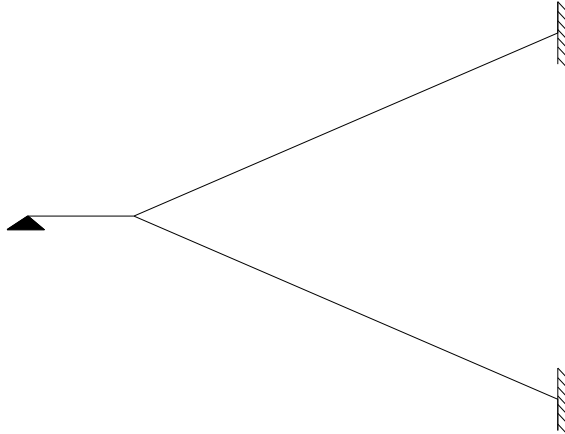
1. *Restraints* : Perletakan jepit-sendir-jepit (pada titik-titik joint pada tumpuan)

2. *Load cases* : Beban mati (D) dan beban hidup (L)

3. *Combinations*: $1,2 D + 1,6 L$

4. *Area Loads (Uniform Shell)* : Untuk semua beban (D dan L), besarnya beban sesuai dengan input pembebanan SAP tangga pada sub bab **b.** di atas.

Pemodelan struktur tangga atas tangga lantai 1 dan lantai 2 pada tangga utama seperti gambar di bawah ini :



Gambar 4.38 Pemodelan Mekanika Tangga Darurat

d. Penulangan Struktur Tangga

Penulangan struktur anak tangga dibagi tangga penulangan anak tangga, penulangan pelat bordes, dan penulangan pelat anak tangga.

1. Penulangan Pelat Anak Tangga

Diketahui data perencanaan sebagai berikut :

1. Tebal pelat anak tangga : 150 mm
2. f_c' : 30 Mpa
3. f_y : 400Mpa
4. Φ (lentur tanpa aksial) : 0,8

Dari perhitungan SAP 2000, didapatkan hasil momen sebagai berikut :

a. Tulangan Arah X

$M_{11} = 33483000 \text{ Nmm/m}$ (nilai maksimum)

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{bal}} &= \frac{0,85 \times f_c' \times \beta_1 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)}{f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 30 \times 0,85 \left(\frac{600}{600 + 400} \right)}{400} \\ &= 0,0325\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{max}} &= 0,75 \times \rho_{\text{balance}} \\ &= 0,75 \times 0,0325 \\ &= 0,0244\end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,686$$

Tebal selimut minimum pelat (p) untuk Ø batang ≤ 36 adalah **20 mm**

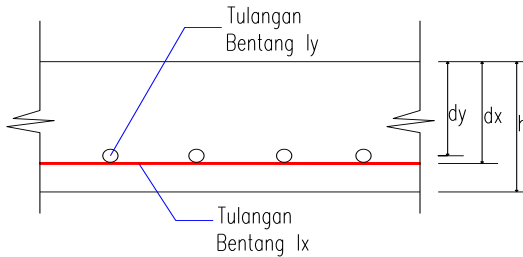
Dalam perhitungan ini digunakan :

Ø Tulangan Utama = 12 mm

Ø Tulangan Susut = 8 mm

$$\begin{aligned}d_x &= h - p - 0,5\emptyset \\ &= 150 - 20 - 0,5.12 \\ &= 124 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}d_y &= h - p - 0,5\emptyset - \emptyset \\ &= 150 - 20 - 0,5.12 - 12 \\ &= 112 \text{ mm}\end{aligned}$$



Gambar 4.39 Potongan Pelat Anak Tangga Darurat

$$M_n = \frac{33483000}{0,8} = 41853750 \text{ N.mm/m}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d_x^2} = \frac{41853750}{1000 \cdot 124^2} = 2,72$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,686} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,686 \cdot 2,72}{400}} \right) \\ &= 0,0072 \end{aligned}$$

ρ_{min} , ρ_{perlu} , dan ρ_{max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

$$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}}$$

$$0,0035 < 0,0072 < 0,0244 \dots \text{Ok}$$

$$\begin{aligned} A_{s\text{perlu}} &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d_x \\ &= 0,0072 \times 1000 \times 124 \\ &= 892,8 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Pemilihan tulangan :

$A_s = 1130,973 \text{ mm}^2$ dipakai tulangan Ø12-100 mm
($A_{s\text{perlu}} = 892,8 \text{ mm}^2$)

Kontrol jarak spasi tulangan :
(SNI 03-2847-2002 pasal 15.2.3)

$$S_{\max} \leq 2h$$

$$100 \text{ mm} \leq 2 \times 150 \text{ mm}$$

$$100 \text{ mm} \leq 300 \text{ mm} \dots \text{Ok}$$

Kontrol lendutan

Karena tebal pelat yang digunakan lebih besar dari tebal minimum, maka lendutan tidak perlu dikontrol.

Kontrol retak

(SNI 03-2847-2002 pasal 12.6)

$$Z = f_s \sqrt{d_c A}$$

$\leq 30 \text{ MN/m}$ untuk struktur di dalam ruangan

$\leq 25 \text{ MN/m}$ untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar

f_s diambil 60% dari kuat leleh yang disyaratkan

d_c adalah jarak antar titik berat tulangan utama sampai ke serat tarik terluar.

$A = 2d_c \times S$; dengan S adalah jarak antar batang tulangan

Dimana :

$$d_c = \text{decking} + 0,5 \varnothing_{\text{tulangan}}$$

$$= 20 + (0,5 \times 12)$$

$$= 26 \text{ mm}$$

$$A = 2d_c \times S$$

$$= 2 \times 26 \times 100$$

$$= 5200 \text{ mm}^2$$

$$Z = f_s \sqrt{d_c A}$$

$$= 0,6 \times 400 \times \sqrt{26 \times 5200}$$

$$= 12317,9 \text{ N/mm}$$

$$= 12,32 \text{ MN/mm} \leq 30 \text{ MN/mm} \dots \text{OK}$$

Sebagai alternatif terhadap perhitungan nilai Z , dapat dilakukan perhitungan lebar retak yang diberikan oleh :

$$\begin{aligned}\omega &= 11 \times 10^{-6} \times \beta \times f_s \sqrt[3]{d_c A} \\ &= 11 \times 10^{-6} \times 0,85 \times 0,6 \times 400 \sqrt[3]{26 \times 5200} \\ &= 0,12 \text{ mm}\end{aligned}$$

Nilai lebar retak yang diperoleh tidak boleh melebihi 0,4 mm untuk penampang di dalam ruangan dan 0,3 mm untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar, dimana $\beta = 0,85$ untuk $f_c' \leq 30$ Mpa.

b. Tulangan Arah Y

Dipasang Tulangan Susut

Kontrol perlu tulangan susut + suhu

(SNI 03-2847-2002 pasal 9.12.1)

$$\begin{aligned}A_{\text{susut}} &= 0,0018 \times b \times h \\ &= 0,0018 \times 1000 \times 150 \\ &= 270 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Dipasang tulangan Ø8 – 150 mm

($A_{\text{pasang}} = 335,1 \text{ mm}^2$)

Kontrol spasi tulangan susut + suhu

(SNI 03-2847-2002 pasal 9.12.2)

$S < 5h < 450 \text{ mm}$

$150 < 5h < 450 \text{ mm} \dots \text{Ok}$

2. Penulangan Pelat Bordes

Diketahui data perencanaan sebagai berikut :

1. Tebal pelat bordes : 150 mm
2. f_c' : 30 Mpa
3. f_y : 400Mpa
4. Φ (lentur tanpa aksial) : 0,8

Dari perhitungan SAP 2000, didapatkan hasil momen sebagai berikut :

a. Tulangan Arah Y

$M_{22} = 29835100 \text{ Nmm/m}$ (nilai maksimum)

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{bal}} &= \frac{0,85 \times f_c' \times \beta_1 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)}{f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 30 \times 0,85 \left(\frac{600}{600 + 400} \right)}{400} \\ &= 0,0325\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_{\text{balance}} \\ &= 0,75 \times 0,0325 \\ &= 0,0244\end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,686$$

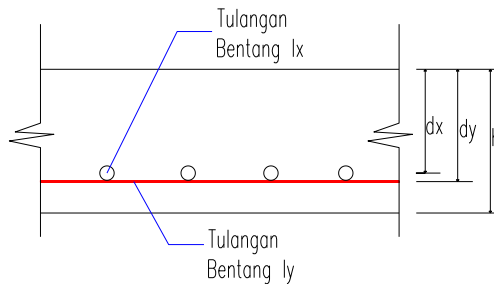
Tebal selimut minimum pelat (p) untuk Ø batang ≤ 36 adalah **20 mm**

Dalam perhitungan ini digunakan :

Ø Tulangan Utama = 12 mm

Ø Tulangan Susut = 8 mm

$$\begin{aligned}
 d_x &= h - p - 0,5\emptyset - \emptyset \\
 &= 150 - 20 - 0,5.12 - 12 \\
 &= 112 \text{ mm} \\
 d_y &= h - p - 0,5\emptyset \\
 &= 150 - 20 - 0,5.12 \\
 &= 124 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.40 Potongan Pelat Bordes Darurat

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d_y^2} = \frac{35397000}{0,8 \cdot 1000 \cdot 124^2} = 2,425$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{15,686} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,686 \cdot 2,425}{400}} \right) \\
 &= 0,00638
 \end{aligned}$$

ρ_{\min} , ρ_{perlu} , dan ρ_{\max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,00638 < 0,0244 \dots \text{Ok}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d_y \\
 &= 0,00638 \times 1000 \times 124 \\
 &= 791,5 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Pemilihan tulangan :

$A_s = 1130,973 \text{ mm}^2$ dipakai tulangan Ø12-100mm
($A_{s\text{perlu}} = 791,7 \text{ mm}^2$)

Kontrol jarak spasi tulangan :

(SNI 03-2847-2002 pasal 15.2.3)

$$S_{\max} \leq 2h$$

$$100 \text{ mm} \leq 2 \times 150 \text{ mm}$$

$$100 \text{ mm} \leq 300 \text{ mm} \dots \text{Ok}$$

Kontrol lendutan

Karena tebal pelat yang digunakan lebih besar dari tebal minimum, maka lendutan tidak perlu dikontrol.

Kontrol retak

(SNI 03-2847-2002 pasal 12.6)

$$Z = fs^3 \sqrt{d_c A}$$

$\leq 30 \text{ MN/m}$ untuk struktur di dalam ruangan

$\leq 25 \text{ MN/m}$ untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar

F_s diambil 60% dari kuat leleh yang disyaratkan

d_c adalah jarak antar titik berat tulangan utama sampai ke serat tarik terluar.

$A = 2d_c \times S$; dengan S adalah jarak antar batang tulangan

Dimana :

$$d_c = \text{decking} + 0,5 \text{ } \varnothing_{\text{tulangan}}$$

$$= 20 + (0,5 \times 12)$$

$$= 26 \text{ mm}$$

$$A = 2d_c \times S$$

$$= 2 \times 26 \times 100$$

$$= 5200 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 Z &= fs^3 \sqrt{d_c A} \\
 &= 0,6 \times 400 \times \sqrt[3]{26 \times 5200} \\
 &= 12317,9 \text{ N/mm} \\
 &= 12,32 \text{ MN/mm} \leq 30 \text{ MN/mm} \dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

Sebagai alternatif terhadap perhitungan nilai Z , dapat dilakukan perhitungan lebar retak yang diberikan oleh :

$$\begin{aligned}
 \omega &= 11 \times 10^{-6} \times \beta \times fs^3 \sqrt{d_c A} \\
 &= 11 \times 10^{-6} \times 0,85 \times 0,6 \times 400 \sqrt[3]{26 \times 5200} \\
 &= 0,115 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Nilai lebar retak yang diperoleh tidak boleh melebihi 0,4 mm untuk penampang di dalam ruangan dan 0,3 mm untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar, dimana $\beta = 0,85$ untuk $f_c' \leq 30 \text{ Mpa}$.

b. Tulangan Arah X

Dipasang Tulangan Susut

Kontrol perlu tulangan susut + suhu

(SNI 03-2847-2002 pasal 9.12.1)

$$\begin{aligned}
 A_{\text{susut}} &= 0,0018 \times b \times h \\
 &= 0,0018 \times 1000 \times 150 \\
 &= 270 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan Ø8 - 150mm

($A_{\text{pasang}} = 335,1 \text{ mm}^2$)

Kontrol spasi tulangan susut + suhu

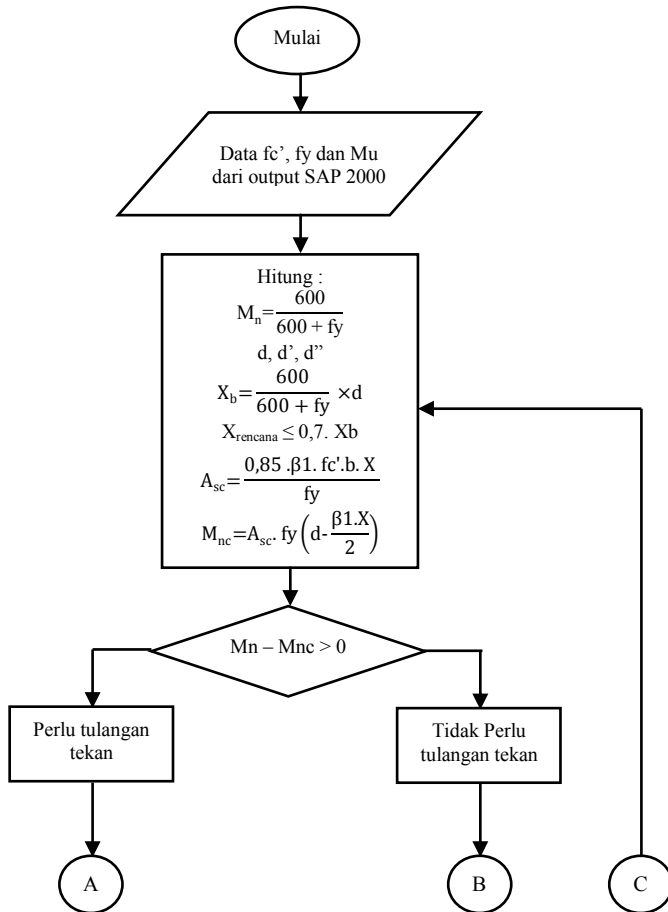
(SNI 03-2847-2002 pasal 9.12.2)

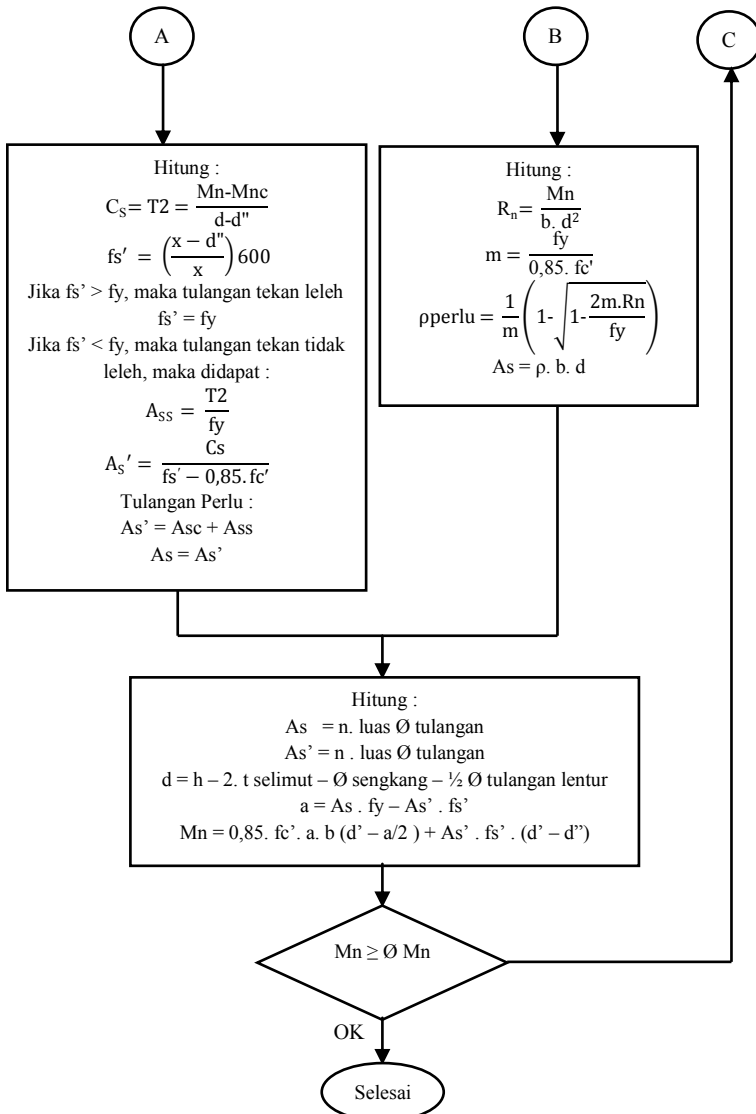
$S < 5h < 450 \text{ mm}$

$150 < 5h < 450 \text{ mm} \dots \text{Ok}$

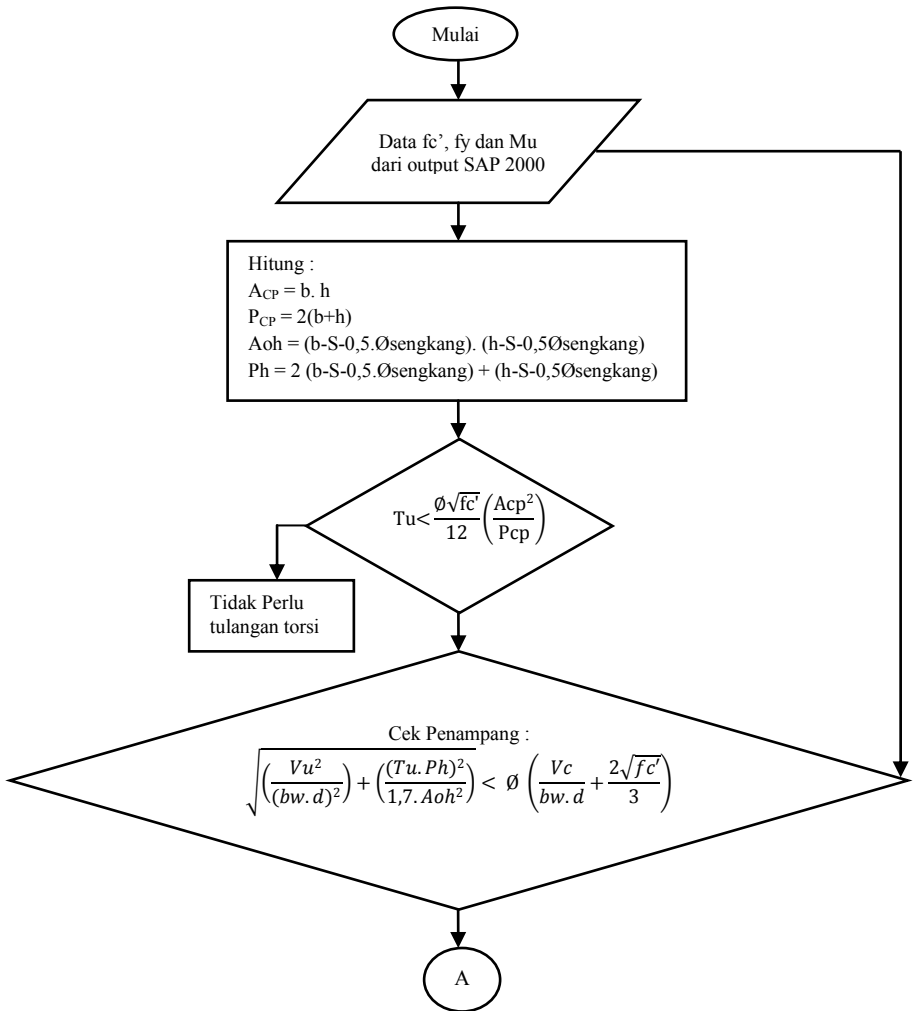
4.4.3 Penulangan Balok Bordes 30/50

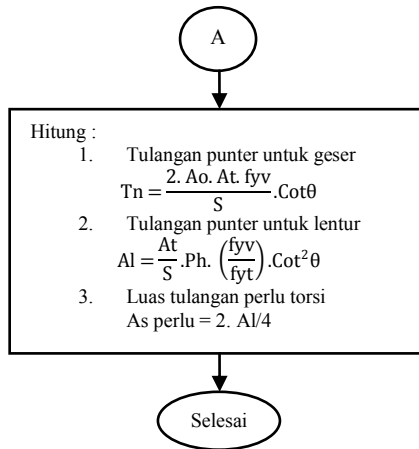
Skema Perencanaan Tulangan Balok



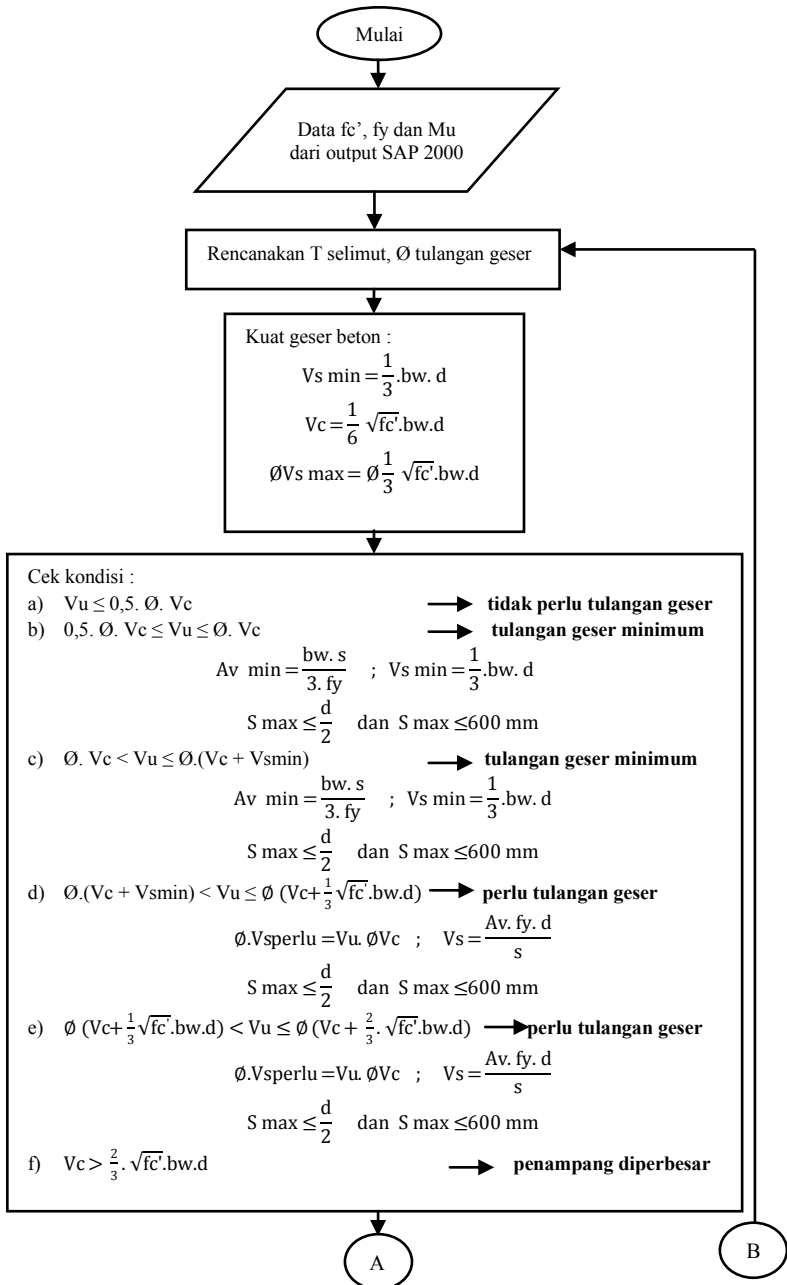


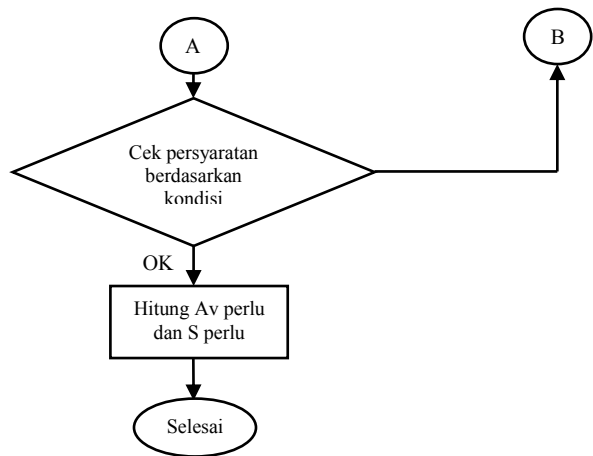
Gambar 4.41 Diagram Alir Penulangan Lentur Balok





Gambar 4.42 Diagram Alir Penulangan Torsi Balok





Gambar 4.43 Diagram Alir Penulangan Geser Balok

Berikut akan dibahas penulangan balok Bordes **BB30/50 As A/4-5di lantai 1**. Adapun data-data, gambar denah pembalokan, hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP2000, ketentuan perhitungan penulangan balok dengan metode SRPMM, perhitungan dan hasil akhir gambar penampang balok adalah sebagai berikut:

DATA PERENCANAAN :

- Tipe balok : BB 30/50
- Lokasi balok : A/4-5
- Bentang balok (L_{balok}) : 4000mm
- Dimensi balok (b_{balok}) : 300mm
- Dimensi balok (h_{balok}) : 500mm
- Bentang kolom (L_{kolom}) : 5000mm
- Dimensi kolom (b_{kolom}) : 500mm
- Dimensi kolom (h_{kolom}) : 500mm
- Kuat tekan beton (f_c') : 30 MPa
- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) : 400 Mpa
- Kuat leleh tulangan geser (f_{yv}) : 240 Mpa
- Kuat leleh tulangan puntir (f_{yt}) : 400 Mpa
- Diameter tulangan lentur (D_{lentur}) : 19 mm
- Diameter tulangan geser (\emptyset_{geser}) : 10 mm
- Diameter tulangan puntir (D_{puntir}) : 16 mm
- Jarak spasi tulangan sejajar : 25mm
(*SNI 03-2847-2002 psl. 9.6.1*)
- Jarak spasi tulangan antar lapis : 25mm
(*SNI 03-2847-2002 psl. 9.6.2*)
- Tebal selimut beton (t_{decking}) : 40 mm
(*SNI 03-2847-2002 psl. 9.7.1*)
- Faktor distribusi tegangan beton (β_1) : 0,85
(*SNI 03-2847-2002 psl. 12.2.7*)(3)
- Faktor reduksi kekuatan lentur (Φ) : 0,8
(*SNI 03-2847-2002 psl. 11.3.2*)(1)

- Faktor reduksi kekuatan geser (Φ) : 0,75
(SNI 03-2847-2002 psl. 11.3.2)(3)
- Faktor reduksi kekuatan puntir (Φ) : 0,75
(SNI 03-2847-2002 psl. 11.3.2)(3)

Tinggi Efektif :

$$d = h - \text{decking} - \text{ø sengkang} - \frac{1}{2} \text{ ø tul. lentur}$$

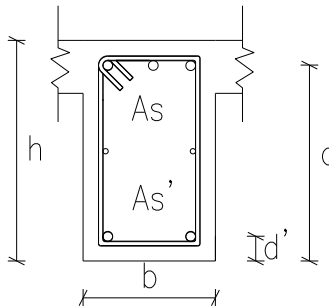
$$= 500\text{mm} - 40\text{mm} - 10\text{mm} - (0.5 \times 19\text{mm})$$

$$= 440,5 \text{ mm}$$

$$d' = \text{Tebal Decking} + \text{ø Sengkang} + \frac{1}{2} \text{ ø Tul. Lentur}$$

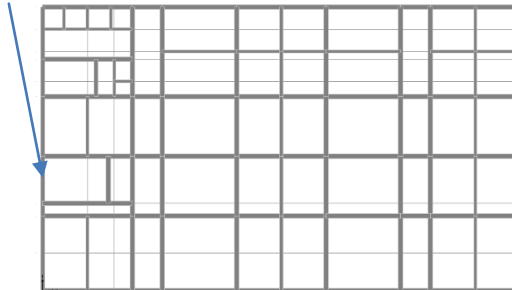
$$= 40\text{mm} + 10\text{mm} + (0.5 \times 19\text{mm})$$

$$= 59,5 \text{ mm}$$



Gambar 4.44 Tinggi efektif balok

Balok yang ditinjau BB30/50A/4-5 (frame 99)



Gambar 4.45 Denah pembalokan lantai 1

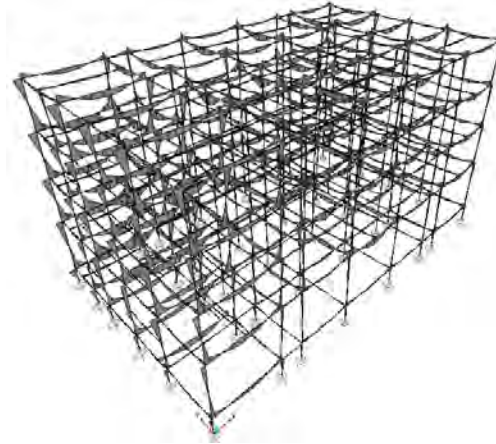
Hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000

Dari analisa SAP 2000, maka didapatkan hasil output dan diagram gaya dalam sehingga digunakan dalam proses perhitungan penulangan balok. Adapun dalam pengambilan hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000 yaitu gaya yang ditinjau harus ditentukan dan digunakan gaya maksimum yang terjadi akibat beberapa macam kombinasi pembebanan. Kombinasi pembebanan yang digunakan terdiri dari kombinasi beban gravitasi dan kombinasi beban gempa Kombinasi beban gravitasi :

- Pembebanan dari beban mati dan beban hidup
 $= 1,2DL + 1,6LL$
- Pembebanan dari beban mati dan beban hidup
 $= 1,2DL + 1,0LL$

Kombinasi beban gempa :

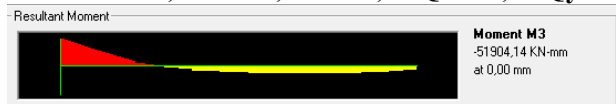
- Pembebanan dari beban gravitasi dan beban gempa positif searah sumbu X
 $= 1,2DL + 1,0LL + 1,0EQ_x + 0,3EQ_y$
- Pembebanan dari beban gravitasi dan beban gempa positif searah sumbu Y
 $= 1,2DL + 1,0LL + 0,3EQ_x + 1,0EQ_y$
- Pembebanan dari beban gravitasi dan beban gempa negatif searah sumbu X
 $= 1,2DL + 1,0LL - 1,0EQ_x - 0,3EQ_y$
- Pembebanan dari beban gravitasi dan beban gempa negatif searah sumbu Y
 $= 1,2DL + 1,0LL - 0,3EQ_x - 1,0EQ_y$
- Kombinasi dari beban gravitasi dan beban gempa lainnya
 $= 1,2DL + 1,0LL + 1,0EQ_x - 0,3EQ_y$
 $= 1,2DL + 1,0LL - 1,0EQ_x + 0,3EQ_y$
 $= 1,2DL + 1,0LL + 0,3EQ_x - 1,0EQ_y$
 $= 1,2DL + 1,0LL - 0,3EQ_x + 1,0EQ_y$



Gambar 4.46 Pemodelan 3D diagram gaya dalam momen lentur balok

Berikut diperoleh hasil momen dari analisa program SAP 2000 :

Kombinasi $1,2DL + 1,0LL - 0,3EQ_x + 1,0EQ_y$



Momen Tumpuan Kiri : -51904,14KN-mm
 Momen Tumpuan Kanan : +5232,74 KN-mm
 Momen Lapangan : +13438,51 KN-mm
 (Untuk mengantisipasi terjadinya gempa bolak balik maka pada tumpuan kanan diambil momen besarnya sebesar tumpuan kiri)

Kombinasi 1,2DL + 1,0LL - 0,3EQx - 1,0EQy



Momen Tumpuan Kiri : +9399,65KN-mm
 Momen Tumpuan Kanan : -51502,45 KN-mm
 Momen Lapangan : +16463,94 KN-mm

Untuk perhitungan tulangan balok maka diambil momen dari kombinasi pembebanan di atas:

Tumpuan kiri:

Akibat kombinasi 1,2DL + 1,0LL - 0,3EQx + 1,0EQy
 $Mu_{\text{tumpuan}} = -51904,14 \text{KN-mm}$

Lapangan:

Akibat kombinasi 1,2DL + 1,0LL - 0,3EQx - 1,0EQy
 $Mu_{\text{lapangan}} = +16463,94 \text{KN-mm}$

Tumpuan kanan:

Akibat kombinasi 1,2DL + 1,0LL - 0,3EQx + 1,0EQy
 $Mu_{\text{tumpuan}} = -51904,14 \text{KN-mm}$

1. Perhitungan Penulangan Puntir

$T_u = 28055195 \text{N.mm}$

Akibat Kombinasi 1,2DL+1,0LL-1,0EX-0,3EY

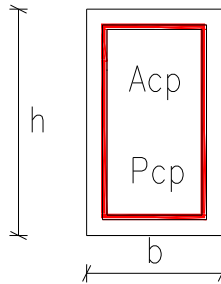
Momen Puntir Nominal :

$$T_n = \frac{T_u}{\phi}$$

(SNI 03-2847-2002 psl. 13.6.3).(5)

$$= \frac{28055195 \text{Nmm}}{0,75}$$

$$= 37406926,13 \text{Nmm}$$

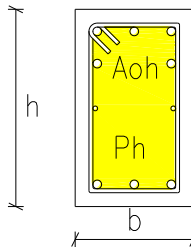
Gambar 4.47 Luasan A_{cp} dan Keliling P_{cp}

Luasan penampang dibatasi sisi luar :

$$\begin{aligned} A_{cp} &= b \times h \\ &= 200\text{mm} \times 300\text{mm} \\ &= 150000\text{mm}^2 \end{aligned}$$

Keliling penampang dibatasi sisi luar :

$$\begin{aligned} P_{cp} &= 2 \times (b+h) \\ &= 2 \times (200\text{mm}+300\text{mm}) \\ &= 1600\text{mm} \end{aligned}$$

Gambar 4.48 Luasan A_{oh} dan keliling P_h

Luasan penampang dibatasi as tulangan sengkang :

$$\begin{aligned} A_{oh} &= (b_{\text{balok}} - 2 \cdot t_{\text{decking}} - \phi_{\text{geser}}) \times (h_{\text{balok}} - 2 \cdot t_{\text{decking}} - \phi_{\text{geser}}) \\ &= (300\text{mm} - 2 \cdot 40\text{mm} - 10\text{mm}) \times (500\text{mm} - 2 \cdot 40\text{mm} - 10\text{mm}) \\ &= 86100\text{mm}^2 \end{aligned}$$

Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang :

$$\begin{aligned}
 Ph &= 2 \times ((b_{\text{balok}} - 2 \cdot t_{\text{decking}} - \phi_{\text{geser}}) + (h_{\text{balok}} - 2 \cdot t_{\text{decking}} - \phi_{\text{geser}})) \\
 &= 2 \times ((300\text{mm} - 2 \cdot 40\text{mm} - 10\text{mm}) + (500\text{mm} - 2 \cdot 40\text{mm} - 10\text{mm})) \\
 &= 1240\text{mm}
 \end{aligned}$$

Cek Pengaruh Tulangan Puntir

$$\begin{aligned}
 Tu_{\min} &= \frac{\phi \sqrt{f_c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)}{12} \\
 &= \frac{0,75 \sqrt{30} \left(\frac{150000^2}{1600} \right)}{12} \\
 &= 4813967,791\text{N.mm}
 \end{aligned}$$

(SNI 03-2847-2002 psl. 13.6.1).(a)

Syarat :

$Tu_{\min} \geq Tu$, maka Tulangan Puntir Diabaikan

$Tu_{\min} \leq Tu$, maka Tulangan Puntir Ditinjau

Kontrol :

$$4813967,791\text{N.mm} < 28055195\text{N.mm}$$

Maka : Direncanakan Tulangan Puntir

Cek Dimensi Penampang

$$\begin{aligned}
 &\left[\sqrt{\left(\frac{Vu}{b \times d} \right)^2} + \sqrt{\left(\frac{Tu \times Ph}{1,07 \times A_{oh}^2} \right)^2} \right] \leq \\
 &\left[\left(\phi \frac{V_c}{b \times d} + \frac{2 \times \phi \sqrt{f_c'}}{3} \right) \right]
 \end{aligned}$$

(SNI 03-2847-2002 psl. 13.6.3).(1).a)

$$\left[\sqrt{\left(\frac{112551,5484}{300\text{mm} \times 440,5\text{mm}} \right)^2} + \sqrt{\left(\frac{28055195 \times 1240\text{mm}}{1,07 \times 86100\text{mm}^2} \right)^2} \right] \\ \leq \left[\left(0,75 \frac{120635,9\text{N}}{300\text{mm} \times 440,5\text{mm}} + \frac{2 \times \sqrt{30\text{Mpa}}}{3} \right) \right]$$

$$2,888851744 \leq 3,423267$$

Syarat :

$\text{Pers}_{\text{kiri}} \geq \text{Pers}_{\text{kanan}}$, Maka Penampang Tidak Oke

$\text{Pers}_{\text{kiri}} \leq \text{Pers}_{\text{kanan}}$, Maka Penampang Oke

Maka : Dimensi Penampang Oke

Tulangan puntir untuk geser :

$$T_n = \frac{2 \times A_o \times A_t \times f_{yv}}{s} \times \cot \theta$$

(SNI 03-2847-2002 psl. 13.6.3).(6)

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_n}{2 \times A_o \times f_{yv} \times \cot \theta}$$

$$\longrightarrow A_o = 0,85 \times A_{oh}$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_n}{2 \times 0,85 \times A_{oh} \times f_{yv} \times \cot \theta} \\ = \frac{37406926,13}{2 \times 0,85 \times 86100 \times 240 \times \cot 45} \\ = 1,0648507\text{mm}^2/\text{mm}$$

Tulangan puntir untuk lentur :

$$A_l = \frac{A_t}{s} \times Ph \times \left(\frac{f_{yv}}{f_{yt}} \right) \times \cot^2 \theta$$

(SNI 03-2847-2002 psl. 13.6.3).(7)

$$\begin{aligned}
 &= 1,0648507 \times 1240 \times \left(\frac{240}{400} \right) \times \cot^2 45 \\
 &= 792,2488967 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Luasan tulangan puntir untuk lentur didistribusikan merata ke 4 sisi balok :

$$\begin{aligned}
 \frac{A_l}{4} &= \frac{792,2488967 \text{ mm}^2}{4} \\
 &= 198,0622 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka :

Luasan tambahan puntir longitudinal untuk tulangan lentur

$$\frac{A_l}{4} = 198,0622 \text{ mm}^2$$

Luasan tambahan puntir transversal untuk tulangan geser

$$\frac{A_t}{s} = 1,0648507 \text{ mm}^2 / \text{mm}$$

2. Perhitungan Penulangan Lentur Daerah Tumpuan Kiri

Diambil momen yang terbesar :

Akibat kombinasi :

$$1,2\text{DL} + 1,0\text{LL} - 0,3\text{EQx} + 1,0\text{EQy}$$

$$\text{Momen Tumpuan (Mu)} = 51904,14 \text{ KN-mm}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Momen Nominal (Mn)} &= \frac{Mu}{\Phi} \\
 &= \frac{51904,14 \text{ KN-mm}}{0,8} \\
 &= 64880,175 \text{ KN-mm}
 \end{aligned}$$

Posisi Garis Netral Balance

$$\begin{aligned} X_b &= \frac{600}{(600 + f_y)} \times d \\ &= \frac{600}{(600 + 400)} \times 440,5 \\ &= 264,3\text{mm} \end{aligned}$$

Posisi Garis Netral Maksimum

$$\begin{aligned} X_{\max} &= 0,75 \times X_b \\ &= 0,75 \times 264,3\text{mm} \\ &= 198,225\text{mm} \end{aligned}$$

Posisi Garis Netral Rencana

$$X_r \text{ Asumsi} = 85\text{mm}$$

Luas Tulangan Tarik

$$\begin{aligned} A_{sc} &= \frac{0,85 \times f_c \times \beta_1 \times b \times X_r}{f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 30 \times 0,85 \times 300 \times 85}{400} \\ &= 1381,78\text{mm}^2 \end{aligned}$$

Momen Nominal tekan

$$\begin{aligned} M_{nc} &= A_{sc} \times f_y \times \left(d - \left(\frac{\beta_1 \times X_r}{2} \right) \right) \\ &= 1381,78 \times 400 \times \left(440,5 - \left(\frac{0,85 \times 85}{2} \right) \right) \\ &= 223503,1172\text{KN-mm} \end{aligned}$$

Cek Apakah Perlu Tulangan Tekan

$$\begin{aligned} M_{ns} &= M_n - M_{nc} \\ &= 64880,175\text{KN-mm} - 223503,1172\text{KN-mm} \\ &= -158622,9\text{KN-mm} \end{aligned}$$

**Mns < 0, Sehingga Untuk Analisis Selanjutnya
Digunakan Perhitungan Penulangan Lentur
Tunggal**

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\ &= \frac{64880,175 \text{KN} - \text{mm}}{300 \text{mm} \times (440,5 \text{mm})^2} \\ &= 1,114548 \text{N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\ &= \frac{400 \text{Mpa}}{0,85 \times 30 \text{Mpa}} \\ &= 15,68627 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{Perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,68627} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,68627 \times 1,114548}{400}} \right) \\ &= 0,00285 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$$

(SNI-03-2847-2002 psl. 12.5.1)

$$\begin{aligned} &= \frac{1,4}{400 \text{Mpa}} \\ &= 0,0035 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{Balance}} = \frac{0,85 \times f_c' \times \beta_1}{f_y} \times \frac{600}{(600 + f_y)}$$

(SNI-03-2847-2002 psl. 10.4.3)

$$= \frac{0,85 \times 30 \times 0,85}{400} \times \frac{600}{(600 + 400)}$$

$$= 0,0325$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_{\text{balance}}$$

(SNI-03-2847-2002 psl. 12.3.3)

$$= 0,75 \times 0,0325$$

$$= 0,0244$$

syarat : $\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$, maka dalam perhitungan selanjutnya digunakan ρ_{\min}

Luas Tulangan Tarik Perlu (As)

$$\text{As Perlu} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d$$

$$= 0,0035 \times 300\text{mm} \times 440,5\text{mm}$$

$$= 462,525\text{mm}^2$$

As Tulangan Tarik Ditambah Tul. Puntir Longitudinal :

$$\text{As} = 462,525\text{mm}^2 + 198,0622\text{mm}^2$$

$$= 660,587\text{mm}^2$$

Luas Tulangan Tekan Perlu (As')

$$\text{As' Perlu} = 0,5 \times \text{As Perlu}$$

$$= 0,5 \times 660,5872\text{mm}^2$$

$$= 330,2936\text{mm}^2$$

Luasan Tulangan :

Luasan Tulangan Lentur :

$$D-19 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$$

$$= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (19\text{mm})^2$$

$$= 283,385\text{mm}^2$$

Jumlah Tulangan Tarik Perlu

$$\begin{aligned}
 n \text{ Tulangan Tarik} &= \frac{A_{s_{\text{Perlu}}}}{Luasan D_{\text{Lentur}}} \\
 &= \frac{660,5872 \text{ mm}^2}{0,25 \times 3,14 \times 19 \text{ mm} \times 19 \text{ mm}} \\
 &= 3 \text{ Buah}
 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Tekan Perlu

$$\begin{aligned}
 n \text{ Tulangan Tekan} &= \frac{A_{s_{\text{Perlu}}}}{Luasan D_{\text{Lentur}}} \\
 &= \frac{330,2936 \text{ mm}^2}{0,25 \times 3,14 \times 19 \text{ mm} \times 19 \text{ mm}} \\
 &= 2 \text{ Buah}
 \end{aligned}$$

Luasan tulangan pasang :

Luasan tulangan pasang lentur tarik (top)

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\text{pasang}}} &= n_{\text{pasang}} \times \text{luasan } D_{\text{lentur}} \\
 &= 3 \times 0,25 \times 3,14 \times 19 \text{ mm} \times 19 \text{ mm} \\
 &= 850,155 \text{ mm}^2 > 660,5872 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Luasan tulangan pasang lentur tekan (bottom)

$$\begin{aligned}
 A_{s'_{\text{pasang}}} &= n_{\text{pasang}} \times \text{luasan } D_{\text{lentur}} \\
 &= 2 \times 0,25 \times 3,14 \times 19 \text{ mm} \times 19 \text{ mm} \\
 &= 566,77 \text{ mm}^2 > 330,2936 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol

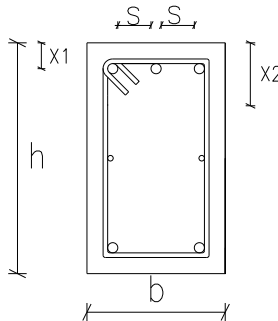
Pasang Tulangan Tarik 3 D 19mm

Pasang Tulangan Tekan 2 D 19mm

$$A_{s \text{ Tarik}} = 850,155 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ Tekan}} = 566,77 \text{ mm}^2$$

Cek Spasi Jarak Tulangan



Gambar 4.49 Cek jarak spasi tulangan dari jarak spasi tulangan sejajar pada penampang balok

Kontrol Spasi Jarak Tulangan Tarik

$$S_{\text{tarik}} = \frac{(b - (2 \times t_{\text{selimut}}) - (2 \times D_{\text{geser}}) - (n \times D_{\text{lentur}}))}{(n - 1)}$$

$$= \frac{(300\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (3 \times 19\text{mm}))}{(3 - 1)}$$

$$= 71,5\text{mm}$$

Syarat

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

$$S = 71,5\text{mm} > 25\text{mm} \rightarrow \text{PASANG 1 LAPIS}$$

Maka digunakan tulangan tarik 1 lapis :

Tulangan Tarik Lapis 1 : 3 D 19mm

Kontrol Spasi Jarak Tulangan Tekan

$$S_{\text{tekan}} = \frac{(b - (2 \times t_{\text{selimut}}) - (2 \times D_{\text{geser}}) - (n \times D_{\text{lentur}}))}{(n - 1)}$$

$$= \frac{(300\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (2 \times 19\text{mm}))}{(2 - 1)}$$

$$= 162\text{mm}$$

Syarat

$$S_{maks} \geq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{maks} \leq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

$$S = 162 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \rightarrow \text{PASANG 1 LAPIS}$$

maka digunakan tul tekan 1 lapis sbb :

Tulangan Tekan Lapis 1 : 2 D 19mm

Cek Syarat SRPMM Untuk Kekuatan Lentur Pada Balok

Kuat momen lentur positif balok pada muka kolom tidak boleh lebih kecil sepertiga kuat momen lentur negatif balok pada muka kolom

$$M \text{ lentur tumpuan (+)} \geq 1/3 \times M \text{ lentur tumpuan (-)}$$

(SNI 03-2847-2002 psl. 23.10.4).(1)

Maka pada hal ini pengecekan dilakukna dengan meninjau tulangan pasang.

$$A_{s_{pasang}} = 850,155 \text{ mm}^2$$

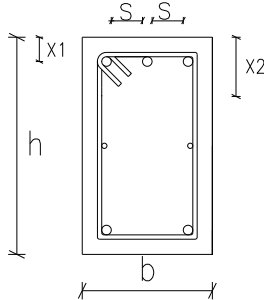
$$A_{s'_{pasang}} = 566,77 \text{ mm}^2$$

$$M \text{ lentur tumpuan (+)} \geq 1/3 \times M \text{ lentur tumpuan (-)}$$

$$566,77 \text{ mm}^2 > 1/3 \times 850,155 \text{ mm}^2$$

$$566,77 \text{ mm}^2 > 283,385 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Cek Kemampuan Penampang Tulangan Pasang



Gambar 4.50 Cek kemampuan penampang tulangan dari jarak spasi tulangan antar lapis pada penampang balok

$$\begin{aligned} x_1 &= t_{\text{decking}} + \phi_{\text{geser}} - (1/2 \times D_{\text{lentur}}) \\ &= 40\text{mm} + 10\text{mm} - (1/2 \times 19\text{mm}) \\ &= 59,5\text{mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_2 &= t_{\text{decking}} + \phi_{\text{geser}} + D_{\text{lentur}} + S_{\text{antarlapis}} + (1/2 \cdot D_{\text{lentur}}) \\ &= 40\text{mm} + 10\text{mm} + 19\text{mm} + 25\text{mm} + (1/2 \cdot 19\text{mm}) \\ &= 103,5\text{mm} \end{aligned}$$

Maka y adalah

$$\begin{aligned} Y &= \frac{(n_{\text{lapis1}} \times \text{luasan} D_{\text{lentur}} \times X_1) + (n_{\text{lapis2}} \times \text{luasan} D_{\text{lentur}} \times X_2)}{(n \times D_{\text{lentur}} \times \text{Luasan} D_{\text{lentur}})} \\ &= \frac{(3 \times 283,385 \times 59,5) + (0 \times 283,385 \times 103,5)}{(3 \times 283,385)} \\ &= 59,5\text{mm} \end{aligned}$$

Tinggi efektif penampang :

$$\begin{aligned} d &= h_{\text{balok}} - y \\ &= 500\text{mm} - 59,5\text{mm} \\ &= 440,5\text{mm} \\ d' &= h_{\text{balok}} - d \\ &= 500\text{mm} - 440,5\text{mm} \\ &= 59,5\text{mm} \end{aligned}$$

Tinggi blok gaya tekan beton :

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} \\ &= \frac{850,155 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 300} \\ &= 44,45255 \text{ mm} \end{aligned}$$

Gaya tekan beton

$$\begin{aligned} C_c' &= 0,85 \times f_c' \times b \times a \\ &= 0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 300 \text{ mm} \times 44,45255 \\ &= 340062 \text{ N} \end{aligned}$$

Cek Momen Nominal Pasang

$$\begin{aligned} M_n &= C_c' \left(d - \left(\frac{a}{2} \right) \right) \\ &= 340062 \left(440,5 - \left(\frac{44,45255}{2} \right) \right) \\ &= 142239000 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

Syarat :

$M_{n\text{pasang}} \geq M_{n\text{perlu}}$, maka perencanaan OK

$M_{n\text{pasang}} \leq M_{n\text{perlu}}$, maka perencanaan TDK OK

Kontrol :

$$142239000 \text{ N.mm} \geq 64880175 \text{ N.mm}$$

Kesimpulan :

Penulangan lentur memenuhi

3. Daerah Tumpuan Kanan

Diambil momen yang terbesar :

Akibat kombinasi :

$$1,2\text{DL} + 1,0\text{LL} - 0,3\text{EQ}_x + 1,0\text{EQ}_y$$

Momen Tumpuan (M_u) = 51904,14 KN-mm

$$\begin{aligned}\text{Momen Nominal } (M_n) &= \frac{M_u}{\Phi} \\ &= \frac{51904,14 \text{ KN} - \text{mm}}{0,8} \\ &= 64880,175 \text{ KN-mm}\end{aligned}$$

Posisi Garis Netral Balance

$$\begin{aligned}X_b &= \frac{600}{(600 + f_y)} \times d \\ &= \frac{600}{(600 + 400)} \times 440,5 \\ &= 264,3 \text{ mm}\end{aligned}$$

Posisi Garis Netral Maksimum

$$\begin{aligned}X_{\max} &= 0,75 \times X_b \\ &= 0,75 \times 264,3 \text{ mm} \\ &= 198,225 \text{ mm}\end{aligned}$$

Posisi Garis Netral Rencana

X_r Asumsi = 85mm

Luas Tulangan Tarik

$$\begin{aligned}A_{sc} &= \frac{0,85 \times f_c \times \beta_1 \times b \times X_r}{f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 30 \times 0,85 \times 300 \times 85}{400} \\ &= 1381,78 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Momen Nominal tekan

$$\begin{aligned} M_{nc} &= A_{sc} \times f_y \times \left(d - \left(\frac{\beta_1 \times X_r}{2} \right) \right) \\ &= 1381,78 \times 400 \times \left(440,5 - \left(\frac{0,85 \times 85}{2} \right) \right) \\ &= 223503,1172 \text{KN-mm} \end{aligned}$$

Cek Apakah Perlu Tulangan Tekan

$$\begin{aligned} M_{ns} &= M_n - M_{nc} \\ &= 64880,175 \text{KN-mm} - 223503,1172 \text{KN-mm} \\ &= -158622,9 \text{KN-mm} \end{aligned}$$

$M_{ns} < 0$, Sehingga Untuk Analisis Selanjutnya Digunakan Perhitungan Penulangan Lentur Tunggal

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\ &= \frac{64880,175 \text{KN-mm}}{300 \text{mm} \times (440,5 \text{mm})^2} \\ &= 1,114548 \text{N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\ &= \frac{400 \text{Mpa}}{0,85 \times 30 \text{Mpa}} \\ &= 15,68627 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{Perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,68627} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,68627 \times 1,114548}{400}} \right) \\ &= 0,00285 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$$

(SNI-03-2847-2002 psl. 12.5.1)

$$= \frac{1,4}{400 \text{ Mpa}}$$

$$= 0,0035$$

$$\rho_{\text{Balance}} = \frac{0,85 \times f_c' \times \beta_1}{f_y} \times \frac{600}{(600 + f_y)}$$

(SNI-03-2847-2002 psl. 10.4.3)

$$= \frac{0,85 \times 30 \times 0,85}{400} \times \frac{600}{(600 + 400)}$$

$$= 0,0325$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_{\text{balance}}$$

(SNI-03-2847-2002 psl. 12.3.3)

$$= 0,75 \times 0,0325$$

$$= 0,0244$$

syarat : $\rho_{\min} < \rho$ perlu " $< \rho_{\max}$ ", maka dalam perhitungan selanjutnya digunakan ρ_{\min}

Luas Tulangan Tarik Perlu (As)

$$\text{As Perlu} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d$$

$$= 0,0035 \times 300 \text{ mm} \times 440,5 \text{ mm}$$

$$= 462,525 \text{ mm}^2$$

As Tulangan Tarik Ditambah Tul. Puntir Longitudinal :

$$\text{As} = 462,525 \text{ mm}^2 + 198,0622 \text{ mm}^2$$

$$= 660,587 \text{ mm}^2$$

Luas Tulangan Tekan Perlu (A_s')

$$\begin{aligned} A_s' \text{ Perlu} &= 0,5 \times A_s \text{ Perlu} \\ &= 0,5 \times 660,5872 \text{ mm}^2 \\ &= 330,2936 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan Tulangan :

Luasan Tulangan Lentur :

$$\begin{aligned} D-19 &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (19 \text{ mm})^2 \\ &= 283,385 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Tarik Perlu

$$\begin{aligned} n \text{ Tulangan Tarik} &= \frac{A_{s_{\text{Perlu}}}}{\text{Luasan } D_{\text{Lentur}}} \\ &= \frac{660,5872 \text{ mm}^2}{0,25 \times 3,14 \times 19 \text{ mm} \times 19 \text{ mm}} \\ &= 3 \text{ Buah} \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Tekan Perlu

$$\begin{aligned} n \text{ Tulangan Tekan} &= \frac{A_{s_{\text{Perlu}}}}{\text{Luasan } D_{\text{Lentur}}} \\ &= \frac{330,2936 \text{ mm}^2}{0,25 \times 3,14 \times 19 \text{ mm} \times 19 \text{ mm}} \\ &= 2 \text{ Buah} \end{aligned}$$

Luasan tulangan pasang :

Luasan tulangan pasang lentur tarik (top)

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{pasang}}} &= n_{\text{pasang}} \times \text{luasan } D_{\text{lentur}} \\ &= 3 \times 0,25 \times 3,14 \times 19 \text{ mm} \times 19 \text{ mm} \\ &= 850,155 \text{ mm}^2 > 660,5872 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

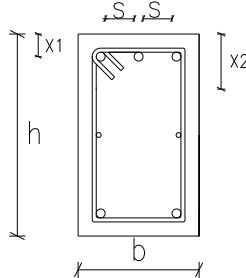
Luasan tulangan pasang lentur tekan (bottom)

$$\begin{aligned} A_{s'_{\text{pasang}}} &= n_{\text{pasang}} \times \text{luasan } D_{\text{lentur}} \\ &= 2 \times 0,25 \times 3,14 \times 19 \text{ mm} \times 19 \text{ mm} \\ &= 566,77 \text{ mm}^2 > 330,2936 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol

Pasang Tulangan Tarik 3 D 19mm

Pasang Tulangan Tekan 2 D 19mm

As Tarik = $850,155\text{mm}^2$ As Tekan = $566,77\text{mm}^2$ **Cek Spasi Jarak Tulangan**

Gambar 4.51 Cek jarak spasi tulangan dari jarak spasi tulangan sejajar pada penampang balok

Kontrol Spasi Jarak Tulangan Tarik

$$\begin{aligned}
 S_{\text{tarik}} &= \frac{(b - (2 \times t_{\text{selimut}}) - (2 \times D_{\text{geser}}) - (n \times D_{\text{lentur}}))}{(n - 1)} \\
 &= \frac{(300\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (3 \times 19\text{mm}))}{(3 - 1)} \\
 &= 71,5\text{mm}
 \end{aligned}$$

Syarat $S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow$ susun 1 lapis $S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow$ susun lebih dari 1 lapis $S = 71,5\text{mm} > 25\text{mm} \rightarrow$ PASANG 1 LAPIS

Maka digunakan tulangan tarik 1 lapis :

Tulangan Tarik Lapis 1 : 3 D 19mm

Kontrol Spasi Jarak Tulangan Tekan

$$\begin{aligned}
 S_{\text{tekan}} &= \frac{(b - (2 \times t_{\text{selimut}}) - (2 \times D_{\text{geser}}) - (n \times D_{\text{lentur}}))}{(n-1)} \\
 &= \frac{(300\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (2 \times 19\text{mm}))}{(2-1)} \\
 &= 162\text{mm}
 \end{aligned}$$

Syarat

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

$$S = 162\text{mm} > 25\text{mm} \rightarrow \text{PASANG 1 LAPIS}$$

maka digunakan tulangan tekan 1 lapis :

Tulangan Tekan Lapis 1 : 2 D 19mm

Cek Syarat SRPMM Untuk Kekuatan Lentur Pada Balok

Kuat momen lentur positif balok pada muka kolom tidak boleh lebih kecil sepertiga kuat momen lentur negatif balok pada muka kolom

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq 1/3 \times M_{\text{lentur tumpuan (-)}} \quad (SNI \ 03-2847-2002 \ psl. \ 23.10.4).(1)$$

Maka pada hal ini pengecekan dilakukna dengan meninjau tulangan pasang.

$$A_{s_{\text{pasang}}} = 850,155\text{mm}^2$$

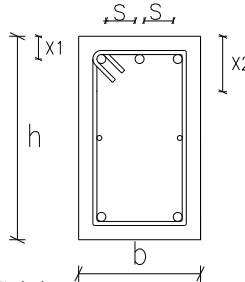
$$A_{s'_{\text{pasang}}} = 566,77\text{mm}^2$$

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq 1/3 \times M_{\text{lentur tumpuan (-)}}$$

$$566,77\text{mm}^2 > 1/3 \times 850,155\text{mm}^2$$

$$566,77\text{mm}^2 > 283,385\text{mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Cek Kemampuan Penampang Tulangan Pasang



Gambar 4.52 Cek kemampuan penampang tulangan dari jarak spasi tulangan antar lapis pada penampang balok

$$\begin{aligned} x_1 &= t_{\text{decking}} + \phi_{\text{geser}} - (1/2 \times D_{\text{lentur}}) \\ &= 40\text{mm} + 10\text{mm} - (1/2 \times 19\text{mm}) \\ &= 59,5\text{mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_2 &= t_{\text{decking}} + \phi_{\text{geser}} + D_{\text{lentur}} + S_{\text{antarlapis}} + (1/2 \cdot D_{\text{lentur}}) \\ &= 40\text{mm} + 10\text{mm} + 19\text{mm} + 25\text{mm} + (1/2 \cdot 19\text{mm}) \\ &= 103,5\text{mm} \end{aligned}$$

Maka y adalah

$$\begin{aligned} Y &= \frac{(n_{\text{lapis1}} \times \text{luasan} D_{\text{Lentur}} \times X_1) + (n_{\text{lapis2}} \times \text{luasan} D_{\text{Lentur}} \times X_2)}{(n \times D_{\text{Lentur}} \times \text{Luasan} D_{\text{Lentur}})} \\ &= \frac{(3 \times 283,385 \times 59,5) + (0 \times 283,385 \times 103,5)}{(3 \times 283,385)} \\ &= 59,5\text{mm} \end{aligned}$$

Tinggi efektif penampang :

$$\begin{aligned} d &= h_{\text{balok}} - y \\ &= 500\text{mm} - 59,5\text{mm} \\ &= 440,5\text{mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d' &= h_{\text{balok}} - d \\ &= 500\text{mm} - 440,5\text{mm} \\ &= 59,5\text{mm} \end{aligned}$$

Tinggi blok gaya tekan beton :

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} \\ &= \frac{850,155 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 300} \\ &= 44,45255 \text{ mm} \end{aligned}$$

Gaya tekan beton

$$\begin{aligned} C_c' &= 0,85 \times f_c' \times b \times a \\ &= 0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 300 \text{ mm} \times 44,45255 \\ &= 340062 \text{ N} \end{aligned}$$

Cek Momen Nominal Pasang

$$\begin{aligned} M_n &= C_c' \left(d - \left(\frac{a}{2} \right) \right) \\ &= 340062 \left(440,5 - \left(\frac{44,45255}{2} \right) \right) \\ &= 142239000 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

Syarat :

$M_{n_{\text{pasang}}} \geq M_{n_{\text{perlu}}}$, maka perencanaan OK

$M_{n_{\text{pasang}}} \leq M_{n_{\text{perlu}}}$, maka perencanaan TDK OK

Kontrol :

$$142239000 \text{ N.mm} \geq 64880175 \text{ N.mm}$$

Kesimpulan :

Penulangan lentur memenuhi

4. Daerah Lapangan

Diambil momen yang terbesar :

Akibat kombinasi :

$$1,2DL + 1,0LL - 0,3EQ_x - 1,0EQ_y$$

$$\text{Momen Tumpuan (Mu)} = 16463,94 \text{ KN-mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen Nominal (Mn)} &= \frac{Mu}{\Phi} \\ &= \frac{16463,94 \text{ KN-mm}}{0,8} \\ &= 20579,925 \text{ KN-mm} \end{aligned}$$

Posisi Garis Netral Balance

$$\begin{aligned} X_b &= \frac{600}{(600 + f_y)} \times d \\ &= \frac{600}{(600 + 400)} \times 440,5 \\ &= 264,3 \text{ mm} \end{aligned}$$

Posisi Garis Netral Maksimum

$$\begin{aligned} X_{\max} &= 0,75 \times X_b \\ &= 0,75 \times 264,3 \text{ mm} \\ &= 198,225 \text{ mm} \end{aligned}$$

Posisi Garis Netral Rencana

$$X_r \text{ Asumsi} = 85 \text{ mm}$$

Luas Tulangan Tarik

$$\begin{aligned} A_{sc} &= \frac{0,85 \times f_c \times \beta_1 \times b \times X_r}{f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 30 \times 0,85 \times 300 \times 85}{400} \\ &= 1381,78 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Momen Nominal tekan

$$\begin{aligned}
 M_{nc} &= A_{sc} \times f_y \times \left(d - \left(\frac{\beta_1 \times X_r}{2} \right) \right) \\
 &= 1381,78 \times 400 \times \left(440,5 - \left(\frac{0,85 \times 85}{2} \right) \right) \\
 &= 223503,1172 \text{KN-mm}
 \end{aligned}$$

Cek Apakah Perlu Tulangan Tekan

$$\begin{aligned}
 M_{ns} &= M_n - M_{nc} \\
 &= 20579,925 \text{KN -mm} - 223503,1172 \text{KN-mm} \\
 &= -202923,2 \text{KN-mm}
 \end{aligned}$$

$M_{ns} < 0$, Sehingga Untuk Analisis Selanjutnya Digunakan Perhitungan Penulangan Lentur Tunggal

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\
 &= \frac{20579,925 \text{KN - mm}}{300 \text{mm} \times (440,5 \text{mm})^2} \\
 &= 0,353534 \text{N.mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\
 &= \frac{400 \text{Mpa}}{0,85 \times 30 \text{Mpa}} \\
 &= 15,68627
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{Perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{15,68627} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,68627 \times 0,353534}{400}} \right) \\
 &= 0,00089
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$$

(SNI-03-2847-2002 psl. 12.5.1)

$$= \frac{1,4}{400 \text{ Mpa}}$$

$$= 0,0035$$

$$\rho_{\text{Balance}} = \frac{0,85 \times f_c' \times \beta_1}{f_y} \times \frac{600}{(600 + f_y)}$$

(SNI-03-2847-2002 psl. 10.4.3)

$$= \frac{0,85 \times 30 \times 0,85}{400} \times \frac{600}{(600 + 400)}$$

$$= 0,0325$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_{\text{balance}}$$

(SNI-03-2847-2002 psl. 12.3.3)

$$= 0,75 \times 0,0325$$

$$= 0,0244$$

syarat : $\rho_{\min} < \rho$ perlu " $< \rho_{\max}$ ", maka dalam perhitungan selanjutnya digunakan ρ_{\min}

Luas Tulangan Tarik Perlu (As)

$$\text{As Perlu} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d$$

$$= 0,0035 \times 300 \text{ mm} \times 440,5 \text{ mm}$$

$$= 462,525 \text{ mm}^2$$

As Tulangan Tarik Ditambah Tul. Puntir Longitudinal :

$$\text{As} = 462,525 \text{ mm}^2 + 198,0622 \text{ mm}^2$$

$$= 660,587 \text{ mm}^2$$

Luas Tulangan Tekan Perlu (As')

$$\text{As' Perlu} = 0,5 \times \text{As Perlu}$$

$$= 0,5 \times 660,5872 \text{ mm}^2$$

$$= 330,2936 \text{ mm}^2$$

Luasan Tulangan :

Luasan Tulangan Lentur :

$$\begin{aligned} D-19 &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (19\text{mm})^2 \\ &= 283,385\text{mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Tarik Perlu

$$\begin{aligned} n \text{ Tulangan Tarik} &= \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{\text{Luasan } D_{\text{Lentur}}} \\ &= \frac{660,5872\text{mm}^2}{0,25 \times 3,14 \times 19\text{mm} \times 19\text{mm}} \\ &= 3 \text{ Buah} \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Tekan Perlu

$$\begin{aligned} n \text{ Tulangan Tekan} &= \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{\text{Luasan } D_{\text{Lentur}}} \\ &= \frac{330,2936\text{mm}^2}{0,25 \times 3,14 \times 19\text{mm} \times 19\text{mm}} \\ &= 2 \text{ Buah} \end{aligned}$$

Luasan tulangan pasang :

Luasan tulangan pasang lentur tarik (top)

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{pasang}}} &= n_{\text{pasang}} \times \text{luasan } D_{\text{Lentur}} \\ &= 3 \times 0,25 \times 3,14 \times 19\text{mm} \times 19\text{mm} \\ &= 850,155\text{mm}^2 > 660,5872\text{mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan tulangan pasang lentur tekan (bottom)

$$\begin{aligned} A_{s'_{\text{pasang}}} &= n_{\text{pasang}} \times \text{luasan } D_{\text{Lentur}} \\ &= 2 \times 0,25 \times 3,14 \times 19\text{mm} \times 19\text{mm} \\ &= 566,77\text{mm}^2 > 330,2936\text{mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol

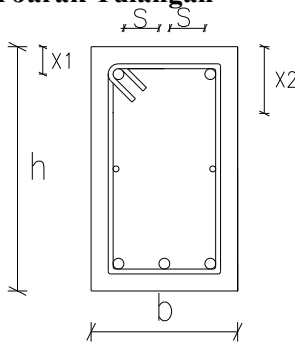
Pasang Tulangan Tarik 3 D 19mm

Pasang Tulangan Tekan 2 D 19mm

$$A_s \text{ Tarik} = 850,155 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ Tekan} = 566,77 \text{ mm}^2$$

Cek Spasi Jarak Tulangan



Gambar 4.53 Cek jarak spasi tulangan dari jarak spasi tulangan sejajar pada penampang balok

Kontrol Spasi Jarak Tulangan Tarik

$$\begin{aligned}
 S_{\text{tarik}} &= \frac{(b - (2 \times t_{\text{selimut}}) - (2 \times D_{\text{geser}}) - (n \times D_{\text{lentur}}))}{(n - 1)} \\
 &= \frac{(300 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm}) - (3 \times 19 \text{ mm}))}{(3 - 1)} \\
 &= 71,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Syarat

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

$$S = 71,5 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \rightarrow \text{PASANG 1 LAPIS}$$

Maka digunakan tulangan tarik 1 lapis :

Tulangan Tarik Lapis 1 : 3 D 19mm

Kontrol Spasi Jarak Tulangan Tekan

$$\begin{aligned}
 S_{\text{tekan}} &= \frac{(b - (2 \times t_{\text{selimut}}) - (2 \times D_{\text{geser}}) - (n \times D_{\text{lentur}}))}{(n - 1)} \\
 &= \frac{(300\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (2 \times 19\text{mm}))}{(2 - 1)} \\
 &= 162\text{mm}
 \end{aligned}$$

Syarat

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

$$S = 162\text{mm} > 25\text{mm} \rightarrow \text{PASANG 1 LAPIS}$$

maka digunakan tulangan tekan 1 lapis :

Tulangan Tekan Lapis 1 : 2 D 19mm

Cek Syarat SRPMM Untuk Kekuatan Lentur Pada Balok

Kuat momen lentur negatif atau positif balok pada tengah bentang tidak boleh lebih kecil seperlima kuat momen lentur maksimum balok pada muka kolom

M lentur lapangan $(-)/(+) \geq 1/5 \times M$ lentur tumpuan maksimum

(SNI 03-2847-2002 psl. 23.10.4).(1)

Maka pada hal ini pengecekan dilakukan dengan meninjau tulangan pasang.

$$A_{s_{\text{pasang}}} = 850,155\text{mm}^2$$

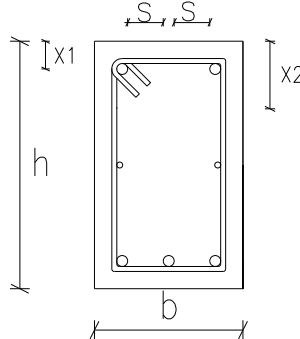
$$A_{s'_{\text{pasang}}} = 566,77\text{mm}^2$$

As pasang maksimum pada tumpuan :

$$1/5 \times 850,155\text{mm}^2 < 850,155\text{mm}^2$$

$$170,031\text{mm}^2 < 850,155\text{mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Cek Kemampuan Penampang Tulangan Pasang



Gambar 4.54 Cek kemampuan penampang tulangan dari jarak spasi tulangan antar lapis pada penampang balok

$$\begin{aligned} x_1 &= t_{\text{decking}} + \phi_{\text{geser}} - (1/2 \times D_{\text{lentur}}) \\ &= 40\text{mm} + 10\text{mm} - (1/2 \times 19\text{mm}) \\ &= 59,5\text{mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_2 &= t_{\text{decking}} + \phi_{\text{geser}} + D_{\text{lentur}} + S_{\text{antarlapis}} + (1/2 \times D_{\text{lentur}}) \\ &= 40\text{mm} + 10\text{mm} + 19\text{mm} + 25\text{mm} + (1/2 \times 19\text{mm}) \\ &= 103,5\text{mm} \end{aligned}$$

Maka y adalah

$$\begin{aligned} Y &= \frac{(n_{\text{lapis1}} \times \text{luasan} D_{\text{Lentur}} \times X_1) + (n_{\text{lapis2}} \times \text{luasan} D_{\text{Lentur}} \times X_2)}{(n \times D_{\text{Lentur}} \times \text{Luasan} D_{\text{Lentur}})} \\ &= \frac{(3 \times 283,385 \times 59,5) + (0 \times 283,385 \times 103,5)}{(3 \times 283,385)} \\ &= 59,5\text{mm} \end{aligned}$$

Tinggi efektif penampang :

$$\begin{aligned} d &= h_{\text{balok}} - y \\ &= 500\text{mm} - 59,5\text{mm} \\ &= 440,5\text{mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d' &= h_{\text{balok}} - d \\ &= 500\text{mm} - 440,5\text{mm} \\ &= 59,5\text{mm} \end{aligned}$$

Tinggi blok gaya tekan beton :

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} \\ &= \frac{850,155 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 300} \\ &= 44,45255 \text{ mm} \end{aligned}$$

Gaya tekan beton

$$\begin{aligned} C_c' &= 0,85 \times f_c' \times b \times a \\ &= 0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 300 \text{ mm} \times 44,45255 \\ &= 340062 \text{ N} \end{aligned}$$

Cek Momen Nominal Pasang

$$\begin{aligned} M_n &= C_c' \left(d - \left(\frac{a}{2} \right) \right) \\ &= 340062 \left(440,5 - \left(\frac{44,45255}{2} \right) \right) \\ &= 142239000 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

Syarat :

$M_{n\text{pasang}} \geq M_{n\text{perlu}}$, maka perencanaan OK

$M_{n\text{pasang}} \leq M_{n\text{perlu}}$, maka perencanaan TDK OK

Kontrol :

$$142239000 \text{ N.mm} \geq 20579925 \text{ N.mm}$$

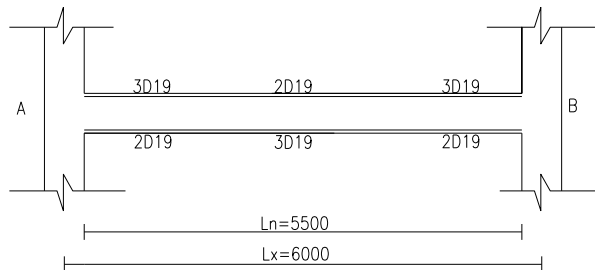
Kesimpulan :

Penulangan lentur memenuhi

KONTROL KEMAMPUAN BALOK

Pada pemasangan tulangan lentur perlu dilakukan pengecekan kekuatan kembali untuk menanggulangi apabila terjadi momen bolak-balik yang diakibatkan oleh gaya gempa yang diterima. Sehingga terdapat

kemungkinan penulangan yang semula menerima gaya tarik menjadi menerima gaya tekan dan sebaliknya



Gambar 4.55 Sketsa pemasangan tulangan lentur pada balok yang ditinjau

Pada awal penyajian data gaya dalam yang terjadi pada balok, dapat dilihat bahwa momen pada tumpuan kiri adalah momen negatif terbesar yang ada sepanjang bentang balok maka untuk mengantisipasi gempa bolak balik maka pada tumpuan kanan telah dipakai momen yang besarnya sama dengan momen yang terdapat pada tumpuan kiri sehingga tidak perlu lagi dilakukan pengecekan terhadap gempa bolak balik.

5. Perhitungan Penulangan Geser Balok

Dengan data balok sebagai berikut :

- f_c' = 30Mpa
- f_{yv} = 240Mpa
- β_1 = 0,85
- Φ reduksi = 0,75

(SNI 03-2847-2002 *psl 11.3.2.3*)

- Lebar (b) = 300mm
- Tinggi (h) = 500mm
- \varnothing tul. Sengkang = 10mm

Dari perhitungan tuangan lentur pada balok **B1 30/50 As F/6-7 di Lantai 2**, didapat :

$$\begin{aligned} M_{n\text{-kiri}} (M_{nl}) &= 142239000 \text{ N.mm} \\ (\text{momen pasang}) \\ M_{n\text{-kanan}} (M_{nr}) &= 142239000 \text{ N.mm} \\ (\text{momen pasang}) \end{aligned}$$

Dari hasil output dan diagram gaya dalam akibat kombinasi 1,2DL + 1,0LL, dari analisa Program SAP2000 didapatkan :

Gaya geser terfaktor (v_2) = 31272,12 N

Dimana v_2 diambil pada tepat dimuka kolom



Gaya geser pada ujung perletakan diperoleh dari :

$$\begin{aligned} V_{u1} &= \frac{M_{nl} + M_{nr}}{\lambda_n} + \frac{W_u + \lambda_n}{2} \\ &= \frac{M_{nl} + M_{nr}}{L_n} + V_u \end{aligned}$$

(SNI 03-2847-2002 *psl 23.10.3*). (1)

- V_{u1} = Gaya geser pada muka perletakan
- M_{nL} = Momen nominal aktual balok pada daerah tumpuan(kiri)
- M_{nR} = Momen nominal aktual balok pada daerah tumpuan(kanan)
- L_m = Panjang balok bersih

Maka V_{u1} :

$$\begin{aligned} &= \frac{M_{nl} + M_{nr}}{L_n} + V_{u \text{ Tumpuan Kombinasi } 1,2DL + 1,0LL} \\ &= \frac{142239000 + 142239000}{3500} + 31272,12 \\ &= 112551,548 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat kuat tekan beton :

$$\sqrt{f_c'} \leq \frac{25}{3} \text{ Mpa}$$

(SNI 03-2847-2002 psl 13.1.2).(1)

$$\sqrt{30 \text{ Mpa}} \leq \frac{25}{3} \text{ Mpa}$$

$$5,4772 \text{ Mpa} \leq 8,33 \text{ Mpa}$$

Kuat geser beton :

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &= \frac{1}{6} \times \sqrt{30 \text{ Mpa}} \times 300 \text{ mm} \times 440,5 \text{ mm} \\ &= 120635,893 \text{ N} \end{aligned}$$

Kuat geser tulangan geser :

$$\begin{aligned} V_{s_{\min}} &= \frac{1}{3} \times b \times d \\ &= \frac{1}{3} \times 300 \text{ mm} \times 440,5 \text{ mm} \\ &= 44050 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{s_{\max}} &= \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &= \frac{1}{3} \times \sqrt{30 \text{ Mpa}} \times 300 \text{ mm} \times 440,5 \text{ mm} \\ &= 241271,79 \text{ N} \end{aligned}$$

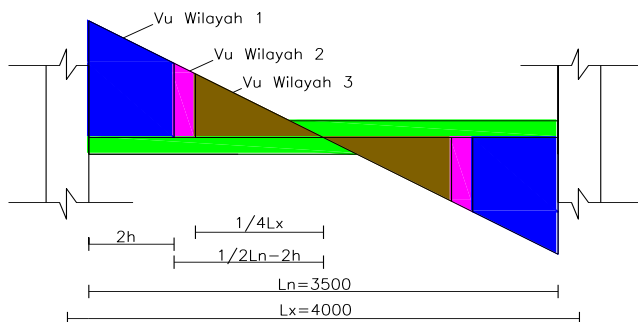
$$\begin{aligned} 2V_{s_{\max}} &= \frac{2}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &= \frac{2}{3} \times \sqrt{30 \text{ Mpa}} \times 300 \text{ mm} \times 440,5 \text{ mm} \\ &= 482543,5732 \text{ N} \end{aligned}$$

Pembagian Wilayah Geser Balok

Wilayah balok dibagi menjadi 3 wilayah yaitu :

1. Wilayah 1 sejarak dua kali tinggi balok dari muka kolom
2. Wilayah 2 dimulai dari akhir wilayah 1 sampai ke $\frac{1}{4}$ bentang balok
3. Wilayah 3 dimulai dari akhir wilayah 2 sampai ke $\frac{1}{2}$ bentang balok

(SNI 03-2847-2002 ps1 13.1.2).(1)



Gambar 4.56 Diagram gaya geser pada balok

Penulangan Geser Balok

Wilayah 1

$$Vu1 = 112551,548N$$

Cek kondisi :

Syarat :

Kondisi 1

$$Vu \leq 0,5 \times \phi \times Vc$$

Kondisi 2

$$0,5 \times \phi \times Vc \leq Vu \leq \phi \times Vc$$

Kondisi 3

$$\phi \times Vc < Vu \leq \phi(Vc + Vs_{min})$$

Kondisi 4

$$\phi(Vc + Vs_{min}) \leq Vu \leq \phi(Vc + Vs_{max})$$

Kondisi 5

$$\phi(V_c + V_{s_{\min}}) \leq V_u \leq \phi(V_c + 2V_{s_{\max}})$$

Kontrol :

Kondisi 3

$$\phi \times V_c < V_u \leq \phi(V_c + V_{s_{\min}})$$

$$0,75(120635,893) \leq 112551,548 \leq$$

$$0,75(120635,893 + 44050)$$

$$90476,9 \leq 112551,548 \leq 164685,89$$

Maka :

Penulangan Geser Pada Kondisi 3

Luasan tulangan geser :

$$A_v = \frac{V_s \times s}{f_y \times d}$$

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_{s_{\min}}}{f_y \times d}$$

$$= \frac{44050}{240 \times 440,5}$$

$$= 0,41667 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Spasi maksimum adalah

$$S_{\max} = \frac{d}{2} \leq 600 \text{ mm}$$

$$= \frac{440,5}{2} \leq 600 \text{ mm}$$

$$= 220,25 \text{ mm}$$

Digunakan sengkang 2 kaki :

$$\emptyset = 10\text{mm}$$

$$A_v = 2 \times A_s$$

$$= 2 \times 0,25 \times \pi \times (10\text{mm})^2$$

$$= 157,08 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan geser :

$$\begin{aligned} \frac{A_{\text{tot}}}{S} &= \frac{A_v}{S} + 2 \frac{A_t}{S} \\ &= 0,41667 + 2,1297 \\ &= 2,54637 \end{aligned}$$

Maka didapatkan nilai :

$$\begin{aligned} S_{\text{Perlu}} &= \frac{A_v}{A_{\text{tot}}/S} \\ &= \frac{157,08}{2,54637} \\ &= 61,6564\text{mm} \end{aligned}$$

Cek Spasi Tulangan Geser

$$S_{\text{rencana}} = 60\text{mm}$$

$$\text{Syarat} =$$

(SNI 03-2847-2002 psl 23.10.4)

$$S_{\text{pakai}} \leq S_{\text{perlu}}$$

$$S_{\text{pakai}} \leq d/4 \text{ pada daerah tumpuan}$$

$$S_{\text{pakai}} \leq 8 D_{\text{lentur}}$$

$$S_{\text{pakai}} \leq 24 \emptyset_{\text{geser}}$$

$$S_{\text{pakai}} \leq 300\text{mm}$$

Kontrol :

$$60\text{mm} \leq 61,6564\text{mm} \quad (\text{memenuhi})$$

$$60\text{mm} \leq 110,125\text{mm} \quad (\text{memenuhi})$$

$$60\text{mm} \leq 152\text{mm} \quad (\text{memenuhi})$$

$$60\text{mm} \leq 240\text{mm} \quad (\text{memenuhi})$$

$$60\text{mm} \leq 300\text{mm} \quad (\text{memenuhi})$$

Maka :

- Dipasang $\varnothing 10\text{-}60\text{mm}$ (dengan sengkang 2 kaki)
- Sengkang pertama dipasang $\leq 50\text{mm}$ dari muka kolom

(SNI 03-2847-2002 psl 23.10.4)(2)

Wilayah 2

$$\begin{aligned}
 V_{u_2} &= \frac{V_{u_1} \times \left(\frac{1}{2} L_n - 2h \right)}{\frac{1}{2} L_n} \\
 &= \frac{112551,548 \times \left(\frac{1}{2} 3500 - 1000 \right)}{\frac{1}{2} \times 3500} \\
 &= 48236,3779\text{N}
 \end{aligned}$$

Cek kondisi :

Syarat :

Kondisi 1

$$V_u \leq 0,5 \times \phi \times V_c$$

Kondisi 2

$$0,5 \times \phi \times V_c \leq V_u \leq \phi \times V_c$$

Kondisi 3

$$\phi \times V_c < V_u \leq \phi(V_c + V_{s_{\min}})$$

Kondisi 4

$$\phi(V_c + V_{s_{\min}}) \leq V_u \leq \phi(V_c + V_{s_{\max}})$$

Kondisi 5

$$\phi(V_c + V_{s_{\min}}) \leq V_u \leq \phi(V_c + 2V_{s_{\max}})$$

Kontrol :

Kondisi 2

$$V_u \leq \phi \times V_c$$

$$48236,3779 \leq 0,75(120635,893)$$

$$48236,3779 \leq 90476,9$$

Maka :

Penulangan Geser Pada Kondisi 2

Luasan tulangan geser :

$$A_v = \frac{V_s \times s}{f_y \times d}$$

$$\begin{aligned} \frac{A_v}{s} &= \frac{V_{s_{\min}}}{f_y \times d} \\ &= \frac{44050}{240 \times 440,5} \\ &= 0,41667 \text{ mm}^2/\text{mm} \end{aligned}$$

Spasi maksimum adalah

$$\begin{aligned} S_{\max} &= \frac{d}{2} \leq 600 \text{ mm} \\ &= \frac{440,5}{2} \leq 600 \text{ mm} \\ &= 220,25 \text{ mm} \end{aligned}$$

Digunakan sengkang 2 kaki :

$$\emptyset = 10 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} A_v &= 2 \times A_s \\ &= 2 \times 0,25 \times \pi \times (10 \text{ mm})^2 \\ &= 157,08 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan tulangan geser :

$$\begin{aligned} \frac{A_{\text{tot}}}{S} &= \frac{A_v}{S} + 2 \frac{A_t}{S} \\ &= 0,41667 + 2,1297 \\ &= 2,54637 \end{aligned}$$

Maka didapatkan nilai :

$$\begin{aligned}
 S_{\text{Perlu}} &= \frac{A_v}{A_{\text{tot}}/S} \\
 &= \frac{157,08}{2,54637} \\
 &= 61,6564\text{mm}
 \end{aligned}$$

Cek Spasi Tulangan Geser

$$S_{\text{rencana}} = 60\text{mm}$$

$$\text{Syarat} =$$

(SNI 03-2847-2002 psl 23.10.4)

$$S_{\text{pakai}} \leq S_{\text{perlu}}$$

$$S_{\text{pakai}} \leq d/4 \text{ pada daerah tumpuan}$$

$$S_{\text{pakai}} \leq 8 D_{\text{lentur}}$$

$$S_{\text{pakai}} \leq 24 \phi_{\text{geser}}$$

$$S_{\text{pakai}} \leq 300\text{mm}$$

Kontrol :

$$60\text{mm} \leq 61,6564\text{mm} \quad (\text{memenuhi})$$

$$60\text{mm} \leq 110,125\text{mm} \quad (\text{memenuhi})$$

$$60\text{mm} \leq 152\text{mm} \quad (\text{memenuhi})$$

$$60\text{mm} \leq 240\text{mm} \quad (\text{memenuhi})$$

$$60\text{mm} \leq 300\text{mm} \quad (\text{memenuhi})$$

Maka :

- Dipasang $\phi 10$ -60mm (dengan sengkang 2 kaki)
- Sengkang pertama dipasang $\leq 50\text{mm}$ dari muka kolom

(SNI 03-2847-2002 psl 23.10.4)(2)

Wilayah 3

$$\begin{aligned}
 V_{u_3} &= \frac{V_{u_1} \times \left(\frac{1}{4} L_x \right)}{\frac{1}{2} L_n} \\
 &= \frac{112551,548 \times \left(\frac{1}{4} \times 4000 \right)}{\frac{1}{2} \times 3500} \\
 V_{u_3} &= 64315,1705 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Cek kondisi :

Syarat :

Kondisi 1

$$V_u \leq 0,5 \times \phi \times V_c$$

Kondisi 2

$$0,5 \times \phi \times V_c \leq V_u \leq \phi \times V_c$$

Kondisi 3

$$\phi \times V_c < V_u \leq \phi(V_c + V_{s_{\min}})$$

Kondisi 4

$$\phi(V_c + V_{s_{\min}}) \leq V_u \leq \phi(V_c + V_{s_{\max}})$$

Kondisi 5

$$\phi(V_c + V_{s_{\min}}) \leq V_u \leq \phi(V_c + 2V_{s_{\max}})$$

Kontrol :

Kondisi 2

$$V_u \leq \phi \times V_c$$

$$64315,1705 \leq 0,75(120635,893)$$

$$64315,1705 \leq 90476,9$$

Maka :

Penulangan Geser Pada Kondisi 2

Luasan tulangan geser :

$$A_v = \frac{V_s \times s}{f_y \times d}$$

$$\begin{aligned} \frac{A_v}{s} &= \frac{V_{s_{\min}}}{f_y \times d} \\ &= \frac{44050}{240 \times 440,5} \\ &= 0,41667 \text{ mm}^2/\text{mm} \end{aligned}$$

Spasi maksimum adalah

$$\begin{aligned} S_{\max} &= \frac{d}{2} \leq 600 \text{ mm} \\ &= \frac{440,5}{2} \leq 600 \text{ mm} \\ &= 220,25 \text{ mm} \end{aligned}$$

Digunakan sengkang 2 kaki :

$$\emptyset = 10 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} A_v &= 2 \times A_s \\ &= 2 \times 0,25 \times \pi \times (10 \text{ mm})^2 \\ &= 157,08 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan tulangan geser :

$$\begin{aligned} \frac{A_{\text{tot}}}{S} &= \frac{A_v}{S} + 2 \frac{A_t}{S} \\ &= 0,41667 + 2,1297 \\ &= 2,54637 \end{aligned}$$

Maka didapatkan nilai :

$$\begin{aligned} S_{\text{Perlu}} &= \frac{A_v}{A_{\text{tot}}/S} \\ &= \frac{157,08}{2,54637} \\ &= 61,6564 \text{ mm} \end{aligned}$$

Cek Spasi Tulangan Geser

$$S_{rencana} = 60\text{mm}$$

$$\text{Syarat} =$$

(SNI 03-2847-2002 psl 23.10.4)

$$S_{pakai} \leq S_{perlu}$$

$$S_{pakai} \leq d/4 \text{ pada daerah tumpuan}$$

$$S_{pakai} \leq 8 D_{lentur}$$

$$S_{pakai} \leq 24 \phi_{geser}$$

$$S_{pakai} \leq 300\text{mm}$$

Kontrol :

$$60\text{mm} \leq 61,6564\text{mm} \quad (\text{memenuhi})$$

$$60\text{mm} \leq 110,125\text{mm} \quad (\text{memenuhi})$$

$$60\text{mm} \leq 152\text{mm} \quad (\text{memenuhi})$$

$$60\text{mm} \leq 240\text{mm} \quad (\text{memenuhi})$$

$$60\text{mm} \leq 300\text{mm} \quad (\text{memenuhi})$$

Maka :

- Dipasang $\phi 10$ -60mm (dengan sengkang 2 kaki)
- Sengkang pertama dipasang $\leq 50\text{mm}$ dari muka kolom

(SNI 03-2847-2002 psl 23.10.4)(2)

6. Panjang Penyaluran Tulangan

Gaya tarik dan tekan pada tulangan di setiap penampang komponen struktur beton bertulang harus disalurkan pada masing-masing sisi penampang melalui penyaluran tulangan. Adapun perhitungan penyaluran tulangan berdasarkan **SNI 03-2847-2002 psl.14**.

Penyaluran Tulangan Dalam Kondisi Tarik

Penyaluran tulangan dalam kondisi tarik dihitung berdasarkan SNI 03-2847-2002 psl.14.2.

Panjang penyaluran tidak boleh kurang dari 300mm
(SNI 03-2847-2002 psl.14.2.1)

λ_d = panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tarik

d_b = diameter tulangan

α = faktor lokasi penulangan = 1

β = faktor pelapis = 1

(SNI 03-2847-2002 psl.14.2.4)

λ = faktor digunakannya agregat ringan = 1

(SNI 03-2847-2002 psl.14.2.4)

$$\frac{\lambda d}{d_b} = \frac{12 \times f_y \times \alpha \times \beta \times \lambda}{25 \times \sqrt{f_c'}} \geq 300 \text{ mm}$$

(SNI 03-2847-2002 psl.14.2.2)

$$\begin{aligned} \lambda d &= \frac{12 \times f_y \times \alpha \times \beta \times \lambda \times d_b}{25 \times \sqrt{f_c'}} \geq 300 \text{ mm} \\ &= \frac{12 \times 400 \times 1 \times 1 \times 1 \times 19}{25 \times \sqrt{30}} \geq 300 \text{ mm} \\ &= 666,0306299 \text{ mm} \geq 300 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \lambda_{\text{reduksi}} &= \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{A_{s_{\text{pasang}}}} \times \lambda d \\ &= \frac{660,5872}{850,155} \times 666,0306299 \\ &= 517,5189525 \text{ mm} \end{aligned}$$

(SNI 03-2847-2002 psl.14.2.5)

Maka panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tarik 520mm

Penyaluran Tulangan Berkait Dalam Kondisi Tarik

Penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik dihitung berdasarkan SNI 03-2847-2002 psl.14.5.

- Panjang penyaluran tidak boleh kurang dari 150mm (*SNI 03-2847-2002 psl.14.5.1*)
- Berdasarkan *SNI 03-2847-2002 psl.14.5.2* panjang penyaluran dasar untuk suatu batang tulangan tarik pada penampang tepi atau atau yang berakhir dengan kaitan adalah :

$$\begin{aligned}\lambda_{hb} &= \frac{100 \times db}{\sqrt{f_c'}} \geq 8 \times db \\ &= \frac{100 \times 19}{\sqrt{30 \text{ Mpa}}} \geq 8 \times 19 \text{ mm} \\ &= 346,8909531 \text{ mm} \geq 152 \text{ mm}\end{aligned}$$

(*SNI 03-2847-2002 psl.14.5.2*)

$$\begin{aligned}\lambda_{hb \text{ reduksi}} &= F \text{ modifikasi} \times \lambda_{hb} \leq 150 \text{ mm} \\ &= \frac{A_{S_{\text{Perlu}}}}{A_{S_{\text{Pasang}}}} \times \lambda_{hb} \geq 150 \text{ mm} \\ &= \frac{660,5872}{850,155} \times 346,8909531 \geq 150 \text{ mm} \\ &= 269,5411211 \text{ mm} \geq 150 \text{ mm}\end{aligned}$$

(*SNI 03-2847-2002 psl.14.5.3*)(2)

- Maka panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik 270mm

Penyaluran Tulangan Dalam Kondisi Tekan

Penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tekandihitung berdasarkan SNI 03-2847-2002 psl.14.3.

- Panjang penyaluran tidak boleh kurang dari 200mm (*SNI 03-2847-2002 psl.14.3.1*)

$$\begin{aligned}
 \lambda_{db} &= \frac{d_b \times f_y}{4\sqrt{f_c'}} \geq 0,04 \times d_b \times f_y \\
 &= \frac{19 \times 400}{4\sqrt{30}} \geq 0,04 \times 19 \times 400 \\
 &= 346,8909531 \text{ mm} \geq 304 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

(SNI 03-2847-2002 psl.14.3.2)

$$\begin{aligned}
 \lambda_{db \text{ reduksi}} &= F \text{ modifikasi} \times \lambda_{db} \leq 200 \text{ mm} \\
 &= \frac{A_{s_{\text{Perlu}}}}{A_{s_{\text{Pasang}}}} \times \lambda_{db} \geq 200 \text{ mm} \\
 &= \frac{330,2936}{566,77} \times 292,1186973 \geq 200 \text{ mm} \\
 &= 202,1558408 \text{ mm} \geq 200 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

(SNI 03-2847-2002 psl.14.3.3)(2)

- Maka panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik 210mm

Kontrol Retak

(SNI 03-2847-2002 psl.12.6)

$$\begin{aligned}
 Z &= f_s \sqrt[3]{d_c A} \\
 &\leq 30 \text{ MN/m untuk struktur di dalam ruangan} \\
 &\leq 25 \text{ MN/m untuk penampang yang} \\
 &\quad \text{dipengaruhi cuaca luar}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d_c &= \text{decking} + 0,5 \text{ } \varnothing \text{ tulangan} \\
 &= 40 + (0,5 \times 19) \\
 &= 49,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$A = \frac{2 d_c \times b_w}{n} ; \text{ dengan } n \text{ adalah jumlah tulangan}$$

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{2 \times 49,5 \times 300}{3} \\
 &= 9900 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z &= 0,6 \times 400 \times \sqrt[3]{(49,5 \times 9900)} \\
 &= 18921,61 \text{ N/mm} \\
 &= 18,92161 \text{ MN/mm} \leq 30 \text{ MN/m (OKE)}
 \end{aligned}$$

Sebagai alternatif terhadap perhitungan nilai z , dapat dilakukan perhitungan lebar retak yang diberikan oleh :

$$\begin{aligned}
 W &= 11 \times 10^{-6} \times \beta \times f_s \sqrt[3]{d_c A} \\
 &= 11 \times 10^{-6} \times 0,85 \times 0,6 \times 400 \sqrt[3]{49,5 \times 9900} \\
 &= 0,176917 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Nilai lebar retak yang diperoleh tidak boleh melebihi 0,4mm untuk penampang didalam ruangan dan 0,3mm untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar, dimana $\beta = 0,85$ untuk $f_c' \leq 30 \text{ Mpa}$

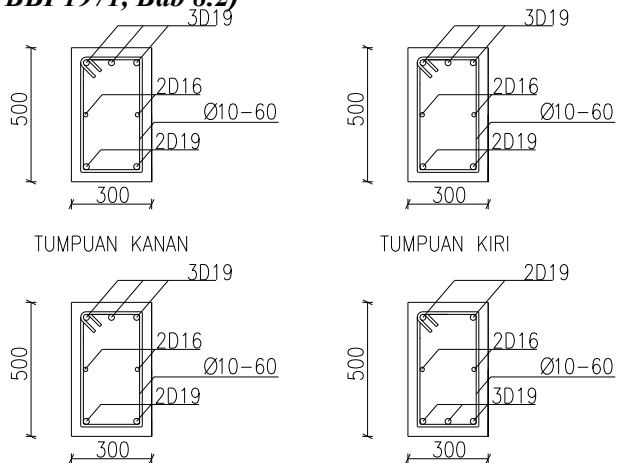
Gambar Penulangan Balok

Panjang kait ditentukan sejarak

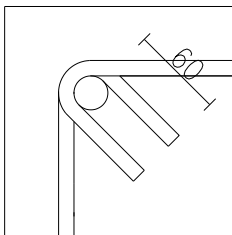
$$6d = 6 \times 10 \text{ mm}$$

$$= 60 \text{ mm}$$

(PBBI 1971, Bab 8.2)



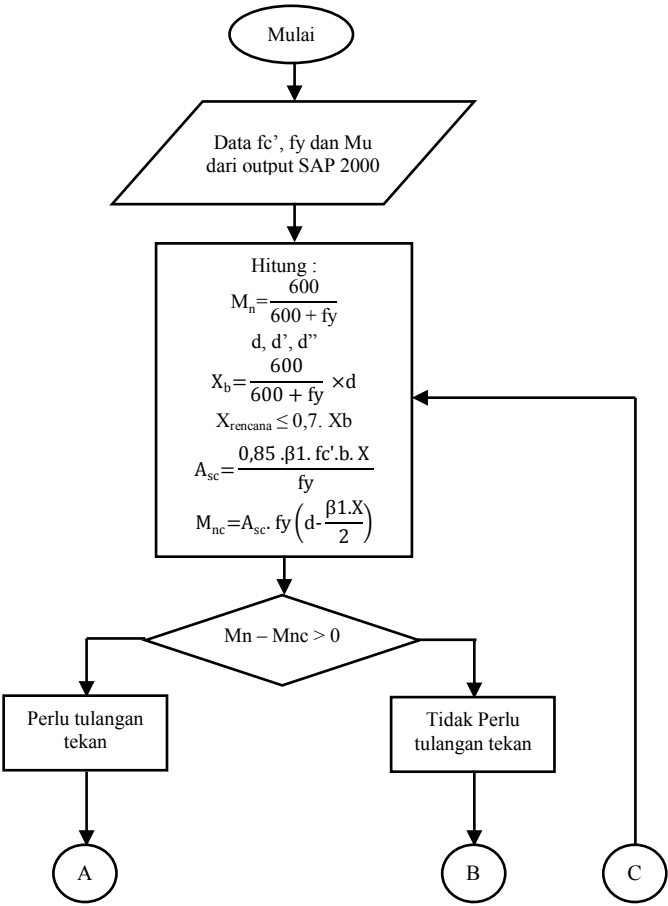
TUMPUAN WILAYAH 2 LAPANGAN
Gambar 4.57 Sketsa Penampang Balok Bordes 30-50 As
A/4-5

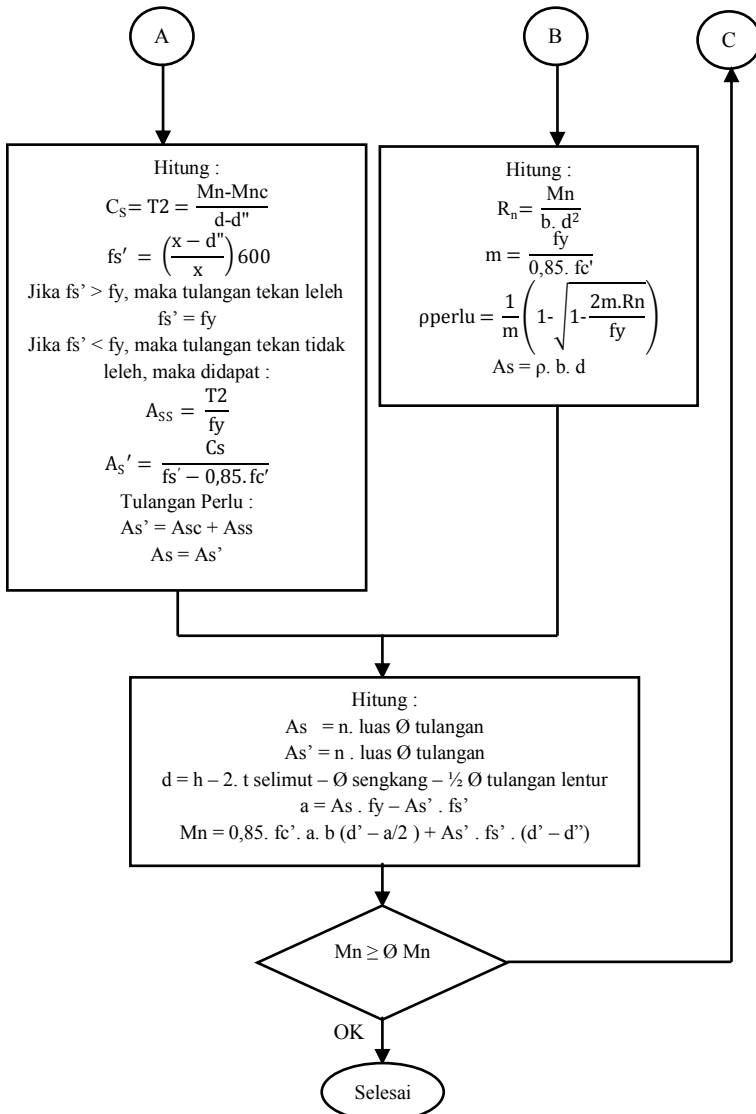


Gambar 4.58 Sketsa Pembengkokan Tulangan Pada Tulangan Geser

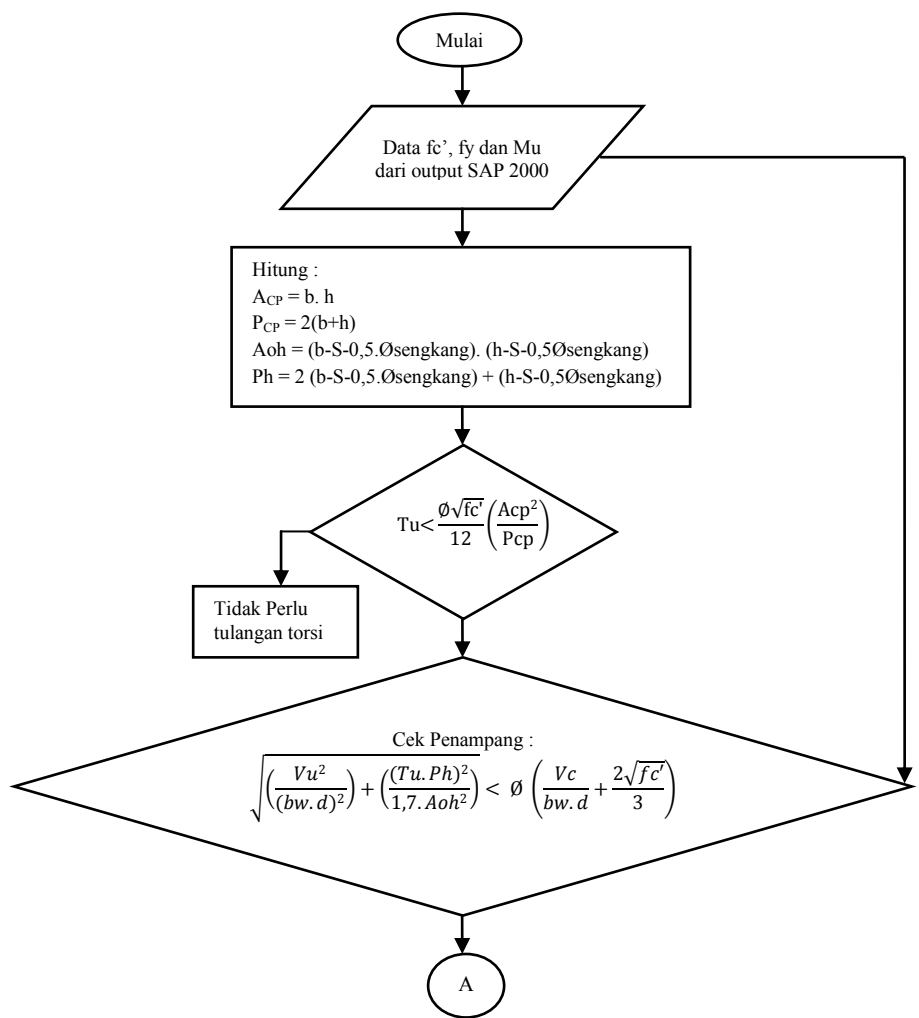
4.5 Perencanaan Balok

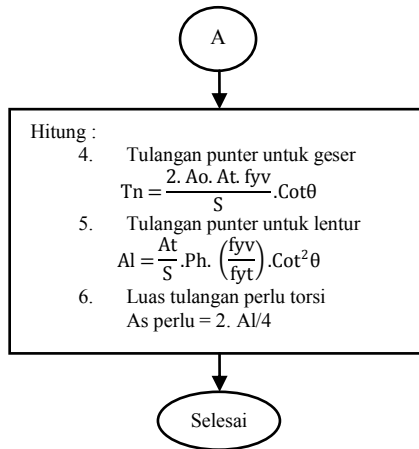
Skema Perencanaan Tulangan Balok



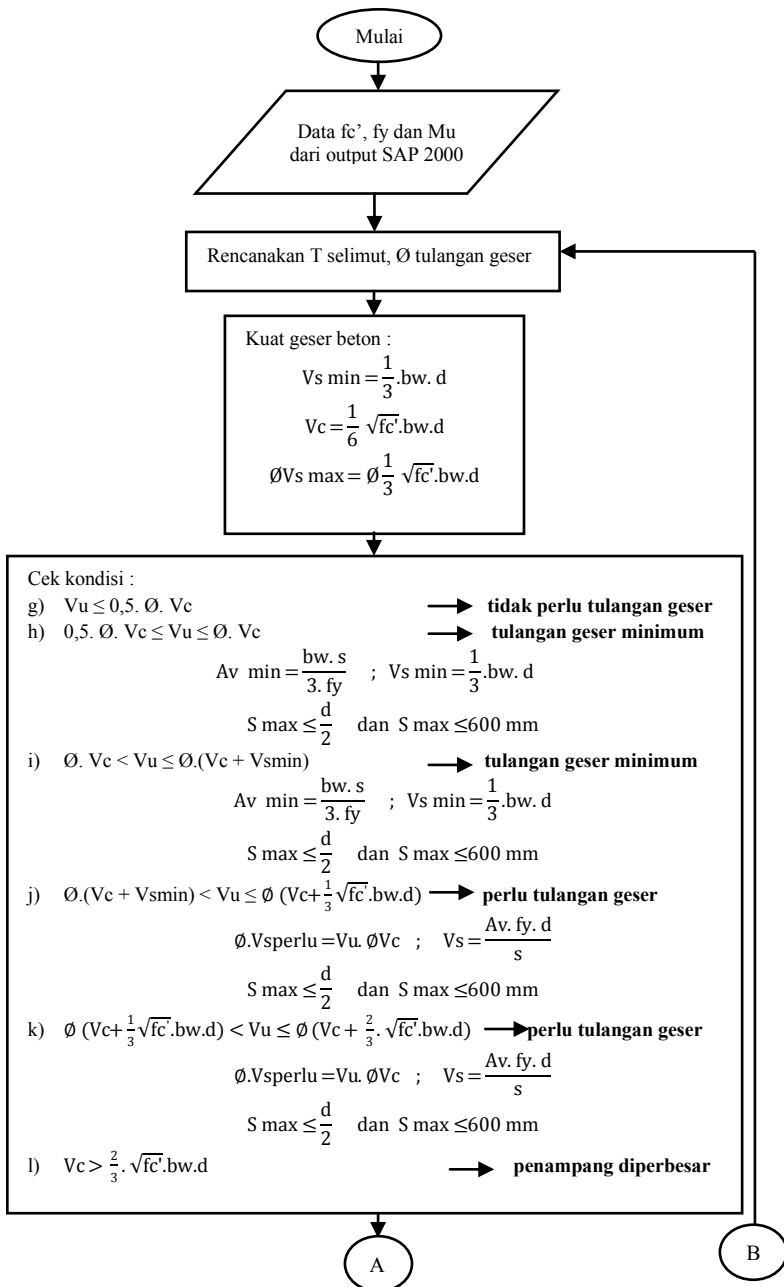


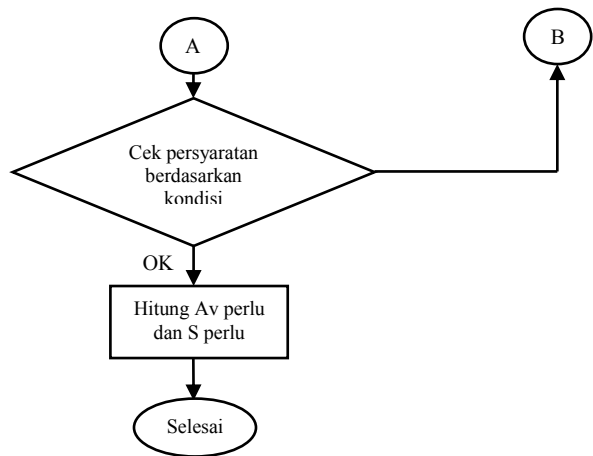
Gambar 4.59 Diagram Alir Penulangan Lentur Balok





Gambar 4.60 Diagram Alir Penulangan Torsi Balok





Gambar 4.61 Diagram Alir Penulangan Geser Balok

4.5.1 Perhitungan Penulangan Balok Induk 30/50

Berikut akan dibahas penulangan balok induk **B1 30/50 As F/6-7 di lantai 2**. Adapun data-data, gambar denah pembalokan, hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP2000, ketentuan perhitungan penulangan balok dengan metode SRPMM, perhitungan dan hasil akhir gambar penampang balok adalah sebagai berikut:

DATA PERENCANAAN :

- Tipe balok : BI 30/50
- Lokasi balok : As F/6-7
- Bentang balok (L_{balok}) : 6000mm
- Dimensi balok (b_{balok}) : 300mm
- Dimensi balok (h_{balok}) : 500mm
- Bentang kolom (L_{kolom}) : 4000mm
- Dimensi kolom (b_{kolom}) : 500mm
- Dimensi kolom (h_{kolom}) : 5000mm
- Kuat tekan beton (f_c') : 30 MPa
- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) : 400 Mpa
- Kuat leleh tulangan geser (f_{yv}) : 240 Mpa
- Kuat leleh tulangan puntir (f_{yt}) : 400 Mpa
- Diameter tulangan lentur (D_{lentur}) : 22 mm
- Diameter tulangan geser (ϕ_{geser}) : 10 mm
- Diameter tulangan puntir (D_{puntir}) : 22 mm
- Jarak spasi tulangan sejajar : 25mm
(*SNI 03-2847-2002 psl. 9.6.1*)
- Jarak spasi tulangan antar lapis : 25mm
(*SNI 03-2847-2002 psl. 9.6.2*)
- Tebal selimut beton (t_{decking}) : 40 mm
(*SNI 03-2847-2002 psl. 9.7.1*)
- Faktor distribusi tegangan (β_1) : 0,85
(*SNI 03-2847-2002 psl. 12.2.7(3)*)
- Faktor reduksi kekuatan lentur (Φ) : 0,8

(SNI 03-2847-2002 psl. 11.3.2)(1)

- Faktor reduksi kekuatan geser (Φ) : 0,75

(SNI 03-2847-2002 psl. 11.3.2)(3)

- Faktor reduksi kekuatan puntir (Φ) : 0,75

(SNI 03-2847-2002 psl. 11.3.2)(3)

Tinggi Efektif :

$$d = h - \text{decking} - \text{ø sengkang} - \frac{1}{2} \text{ ø tul. lentur}$$

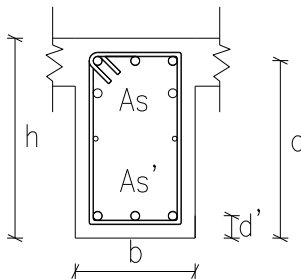
$$= 500\text{mm} - 40\text{mm} - 10\text{mm} - (0.5 \times 22\text{mm})$$

$$= 439 \text{ mm}$$

$$d' = \text{Tebal Decking} + \text{ø Sengkang} + \frac{1}{2} \text{ ø Tul. Lentur}$$

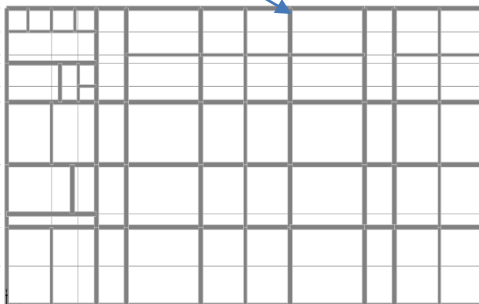
$$= 40\text{mm} + 10\text{mm} + (0.5 \times 22\text{mm})$$

$$= 61 \text{ mm}$$



Gambar 4.62 Tinggi Efektif Balok Induk

Balok yang ditinjau B1 30/50 As F/6-7 (frame 1103)



Gambar 4.63 Denah Pembalokan Lantai 2

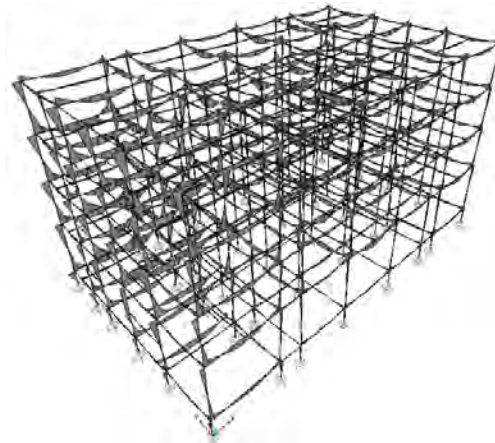
Hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000

Dari analisa SAP 2000, maka didapatkan hasil output dan diagram gaya dalam sehingga digunakan dalam proses perhitungan penulangan balok. Adapun dalam pengambilan hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 20000 yaitu gaya yang ditinjau harus ditentukan dan digunakan gaya maksimum yang terjadi akibat beberapa macam kombinasi pembebanan. Kombinasi pembebanan yang digunakan terdiri dari kombinasi beban gravitasi dan kombinasi beban gempa Kombinasi beban gravitasi :

- Pembebanan dari beban mati dan beban hidup
 $= 1,2DL + 1,6LL$
- Pembebanan dari beban mati dan beban hidup
 $= 1,2DL + 1,0LL$

Kombinasi beban gempa :

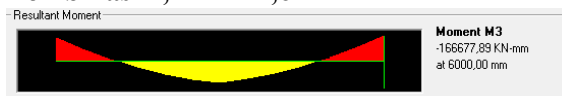
- Pembebanan dari beban gravitasi dan beban gempa positif searah sumbu X
 $= 1,2DL + 1,0LL + 1,0EQ_x + 0,3EQ_y$
- Pembebanan dari beban gravitasi dan beban gempa positif searah sumbu Y
 $= 1,2DL + 1,0LL + 0,3EQ_x + 1,0EQ_y$
- Pembebanan dari beban gravitasi dan beban gempa negatif searah sumbu X
 $= 1,2DL + 1,0LL - 1,0EQ_x - 0,3EQ_y$
- Pembebanan dari beban gravitasi dan beban gempa negatif searah sumbu Y
 $= 1,2DL + 1,0LL - 0,3EQ_x - 1,0EQ_y$
- Kombinasi dari beban gravitasi dan beban gempa lainnya
 $= 1,2DL + 1,0LL + 1,0EQ_x - 0,3EQ_y$
 $= 1,2DL + 1,0LL - 1,0EQ_x + 0,3EQ_y$
 $= 1,2DL + 1,0LL + 0,3EQ_x - 1,0EQ_y$
 $= 1,2DL + 1,0LL - 0,3EQ_x + 1,0EQ_y$



Gambar.4.64 Pemodelan 3D diagram gaya dalam momen lentur balok

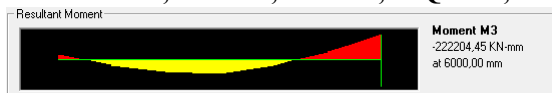
Berikut diperoleh hasil momen dari analisa program SAP 2000 :

Kombinasi 1,2DL + 1,6LL



Momen Tumpuan Kiri : -155955,07 KN-mm
 Momen Tumpuan Kanan : -166677,89 KN-mm
 Momen Lapangan : +136416,85 KN-mm

Kombinasi 1,2DL + 1,0LL + 0,3EQx + 1,0EQy



Momen Tumpuan Kiri : -46058,50 KN-mm
 Momen Tumpuan Kanan : -222204,45 KN-mm
 Momen Lapangan : +122031,8 KN-mm

Untuk perhitungan tulangan balok maka diambil momen yang terbesar dari beberapa kombinasi pembebanan di atas:

Tumpuan kiri:

Akibat kombinasi 1,2DL + 1,0LL + 0,3EQx + 1,0EQy

$$Mu_{\text{tumpuan}} = -46058,50 \text{ KN-mm}$$

Lapangan:

Akibat kombinasi 1,2DL + 1,6LL

$$Mu_{\text{lapangan}} = +136416,85 \text{ KN-mm}$$

Tumpuan kanan:

Akibat kombinasi 1,2DL + 1,0LL + 0,3EQx + 1,0EQy

$$Mu_{\text{tumpuan}} = -222204,45 \text{ KN-mm}$$

1. Perhitungan Penulangan Puntir

$$Tu = 12.710.916,98 \text{ N.mm}$$

Akibat Kombinasi 1,2DL+1,0LL+1EX+0,3EY

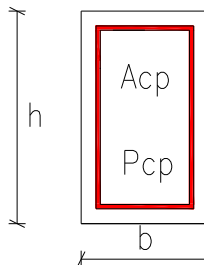
Momen Puntir Nominal :

$$T_n = \frac{T_u}{\phi}$$

(SNI 03-2847-2002 psl. 13.6.3).(5)

$$= \frac{12.710.916,98 \text{ Nmm}}{0,75}$$

$$= 16947889,31 \text{ Nmm}$$



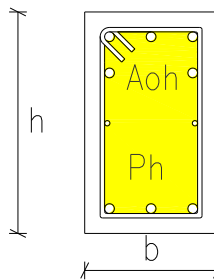
Gambar 4.65 Luasan Acp dan Keliling Pcp

Luasan penampang dibatasi sisi luar :

$$\begin{aligned} A_{cp} &= b \times h \\ &= 300\text{mm} \times 500\text{mm} \\ &= 150000\text{mm}^2 \end{aligned}$$

Keliling penampang dibatasi sisi luar :

$$\begin{aligned} P_{cp} &= 2 \times (b+h) \\ &= 2 \times (300\text{mm}+500\text{mm}) \\ &= 1600\text{mm} \end{aligned}$$



Gambar 4.66 Luasan Aoh dan keliling Ph

Luasan penampang dibatasi as tulangan sengkang :

$$\begin{aligned} A_{oh} &= (b_{\text{balok}} - 2 \cdot t_{\text{decking}} - \phi_{\text{geser}}) \times (h_{\text{balok}} - 2 \cdot t_{\text{decking}} - \phi_{\text{geser}}) \\ &= (300\text{mm} - 2 \cdot 40\text{mm} - 10\text{mm}) \times (500\text{mm} - 2 \cdot 40\text{mm} - 10\text{mm}) \\ &= 86100\text{mm}^2 \end{aligned}$$

Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang:

$$\begin{aligned} P_h &= 2 \times ((b_{\text{balok}} - 2 \cdot t_{\text{decking}} - \phi_{\text{geser}}) + (h_{\text{balok}} - 2 \cdot t_{\text{decking}} - \phi_{\text{geser}})) \\ &= 2 \times ((300\text{mm} - 2 \cdot 40\text{mm} - 10\text{mm}) + (500\text{mm} - 2 \cdot 40\text{mm} - 10\text{mm})) \\ &= 1240\text{mm} \end{aligned}$$

Cek Pengaruh Tulangan Puntir

$$\begin{aligned} T_{u_{\min}} &= \frac{\phi \sqrt{f_c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)}{12} \\ &= \frac{0,75 \sqrt{30} \left(\frac{150000^2}{1600} \right)}{12} \\ &= 4813967,791 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

(SNI 03-2847-2002 psl. 13.6.1).(a)

Syarat :

$T_{u_{\min}} \geq T_u$, maka Tulangan Puntir Diabaikan

$T_{u_{\min}} \leq T_u$, maka Tulangan Puntir Ditinjau

Kontrol :

$$4813967,791 \text{ N.mm} < 12710917 \text{ N.mm}$$

Maka : Direncanakan Tulangan Puntir

Cek Dimensi Penampang

$$\left[\sqrt{\left(\frac{V_u}{b \times d} \right)^2} + \sqrt{\left(\frac{T_u \times Ph}{1,07 \times A_{oh}^2} \right)^2} \right] \leq \left[\left(\phi \frac{V_c}{b \times d} + \frac{2 \times \sqrt{f_c'}}{3} \right) \right]$$

(SNI 03-2847-2002 psl. 13.6.3).(1).a)

$$\begin{aligned} &\left[\sqrt{\left(\frac{180693,5148}{300\text{mm} \times 439\text{mm}} \right)^2} + \sqrt{\left(\frac{12710917 \times 1240\text{mm}}{1,07 \times 86100\text{mm}^2} \right)^2} \right] \leq \\ &\left[\left(0,75 \frac{120225,1\text{N}}{300\text{mm} \times 439\text{mm}} + \frac{2 \times \sqrt{30\text{Mpa}}}{3} \right) \right] \end{aligned}$$

$$1,8565 \leq 3,4232$$

Syarat :

$Pers_{kiri} \geq Pers_{kanan}$, Maka Penampang Tidak Oke

$Pers_{kiri} \leq Pers_{kanan}$, Maka Penampang Oke

Maka : Dimensi Penampang Oke

Tulangan puntir untuk geser :

$$T_n = \frac{2 \times A_o \times A_t \times f_{yv}}{s} \times \cot \theta$$

(SNI 03-2847-2002 psl. 13.6.3).(6)

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_n}{2 \times A_o \times f_{yv} \times \cot \theta}$$

$$\longrightarrow A_o = 0,85 \times A_{oh}$$

$$\begin{aligned} \frac{A_t}{s} &= \frac{T_n}{2 \times 0,85 \times A_{oh} \times f_{yv} \times \cot \theta} \\ &= \frac{16947889,31}{2 \times 0,85 \times 86100 \times 240 \times \cot 45} \\ &= 0,48245 \text{ mm}^2/\text{mm} \end{aligned}$$

Tulangan puntir untuk lentur :

$$A_l = \frac{A_t}{s} \times Ph \times \left(\frac{f_{yv}}{f_{yt}} \right) \times \cot^2 \theta$$

(SNI 03-2847-2002 psl. 13.6.3).(7)

$$\begin{aligned} &= 0,48245 \times 1240 \times \left(\frac{240}{400} \right) \times \cot^2 45 \\ &= 358,94 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan tulangan puntir untuk lentur didistribusikan merata ke 4 sisi balok :

$$\begin{aligned} \frac{A_l}{4} &= \frac{358,94 \text{ mm}^2}{4} \\ &= 89,7357 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka :

Luasan tambahan puntir longitudinal untuk tulangan lentur

$$\frac{A_l}{4} = 89,7357 \text{ mm}^2$$

Luasan tambahan puntir transversal untuk tulangan geser

$$\frac{A_t}{s} = 0,48245 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

2. Perhitungan Penulangan Lentur Daerah Tumpuan Kanan

Diambil momen yang terbesar :

Akibat kombinasi :

$$1,2\text{DL} + 1,0\text{LL} - 0,3\text{EQX} + 1,0\text{EQY}$$

$$\text{Momen Tumpuan (Mu)} = 222775,9 \text{ KN-mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen Nominal (Mn)} &= \frac{Mu}{\Phi} \\ &= \frac{222775,9 \text{ KN-mm}}{0,8} \\ &= 278469,875 \text{ KN-mm} \end{aligned}$$

Posisi Garis Netral Balance :

$$\begin{aligned} X_b &= \frac{600}{(600 + f_y)} \times d \\ &= \frac{600}{(600 + 400)} \times 439 \\ &= 263,4 \text{ mm} \end{aligned}$$

Posisi Garis Netral Maksimum :

$$\begin{aligned} X_{\max} &= 0,75 \times X_b \\ &= 0,75 \times 264,3 \text{ mm} \\ &= 197,55 \text{ mm} \end{aligned}$$

Posisi Garis Netral Rencana :

$$X_r \text{ Asumsi} = 85 \text{ mm}$$

Luas Tulangan Tarik :

$$\begin{aligned} A_{sc} &= \frac{0,85 \times f_c \times \beta_1 \times b \times X_r}{f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 30 \times 0,85 \times 300 \times 85}{400} \\ &= 1381,78 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Momen Nominal tekan :

$$\begin{aligned} M_{nc} &= A_{sc} \times f_y \times \left(d - \left(\frac{\beta_1 \times X_r}{2} \right) \right) \\ &= 1381,78 \times 400 \times \left(439 - \left(\frac{0,85 \times 85}{2} \right) \right) \\ &= 222674,0484 \text{ KN-mm} \end{aligned}$$

Cek Apakah Perlu Tulangan Tekan :

$$\begin{aligned} M_{ns} &= M_n - M_{nc} \\ &= 278469,875 \text{ KN-mm} - 222674,0484 \text{ KN-mm} \\ &= 55795,83 \text{ KN-mm} \end{aligned}$$

$M_{ns} > 0$, Sehingga Untuk Analisis Selanjutnya Digunakan Perhitungan Penulangan Lentur Rangkap

$$\begin{aligned} C_{s'} &= \frac{M_{ns}(\text{Tumpuan})}{(d - d')} \\ &= \frac{55795830 \text{ N-mm}}{(439 \text{ mm} - 61 \text{ mm})} \\ &= 147608 \text{ N-mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_s' &= \left(1 - \left(\frac{d'}{x_{\text{rencana}}} \right) \right) \times 600 \\
 &= \left(1 - \left(\frac{61}{85} \right) \right) \times 600 \\
 &= 169,411 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Syarat :

$f_s' \geq f_y \rightarrow$ leleh, maka $f_s' = f_y$

$f_s' < f_y \rightarrow$ tidak leleh $f_s' = f_s'$

$$169,411 \text{ Mpa} < 400 \text{ Mpa}$$

Maka, $f_s' = f_s'$

Luas Tulangan Tarik Tambahan (A_{ss})

$$\begin{aligned}
 A_{ss} &= \frac{C_{s'}}{f_y} \\
 &= \frac{147608 \text{ N} - \text{mm}}{400 \text{ Mpa}} \\
 &= 369,02 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Luas Tulangan Tarik Perlu (A_s)

$$\begin{aligned}
 A_s &= A_{ss} + A_{sc} \\
 &= 369,02 \text{ mm}^2 + 1381,78 \text{ mm}^2 \\
 &= 1750,8 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Luas Tulangan Tekan Perlu (A_s')

$$\begin{aligned}
 A_s' &= \left(\frac{C_{s'}}{f_s' - (0,85 f_c')} \right) \\
 &= \left(\frac{147608 \text{ N} - \text{mm}}{169,4118 \text{ Mpa} - (0,85 \times 30 \text{ Mpa})} \right) \\
 &= 1025,684 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

As Tulangan Tarik Ditambah Tul. Puntir
Longitudinal :

$$\begin{aligned} A_s &= 1750,801\text{mm}^2 + 89,7357\text{mm}^2 \\ &= 1840,54\text{mm}^2 \end{aligned}$$

As' Tulangan Tekan Ditambah Tul. Puntir
Longitudinal :

$$\begin{aligned} A_s &= 1025,684\text{mm}^2 + 89,7357\text{mm}^2 \\ &= 1115,42\text{mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan Tulangan :

Luasan Tulangan Lentur :

$$\begin{aligned} D-22 &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22\text{mm})^2 \\ &= 379,94\text{mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan Tulangan Puntir :

$$\begin{aligned} D-12 &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (12\text{mm})^2 \\ &= 113,04\text{mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Tarik Perlu :

$$\begin{aligned} n \text{ Tulangan Tarik} &= \frac{A_{s\text{Perlu}}}{\text{Luasan}D_{\text{Lentur}}} \\ &= \frac{1840,54\text{mm}^2}{0,25 \times 3,14 \times 22\text{mm} \times 22\text{mm}} \\ &= 5 \text{ Buah} \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Tekan Perlu :

$$\begin{aligned} n \text{ Tulangan Tekan} &= \frac{A_{s'\text{Perlu}}}{\text{Luasan}D_{\text{Lentur}}} \\ &= \frac{1115,42\text{mm}^2}{0,25 \times 3,14 \times 22\text{mm} \times 22\text{mm}} \\ &= 3 \text{ Buah} \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Puntir Longitudinal Perlu :

$$\begin{aligned}
 n \text{ Tulangan Puntir} &= \frac{A_{s_{\text{PuntirPerlu}}}}{Luasan D_{\text{Puntir}}} \\
 &= \frac{179,47 \text{ mm}^2}{0,25 \times 3,14 \times 12 \text{ mm} \times 12 \text{ mm}} \\
 &= 2 \text{ Buah}
 \end{aligned}$$

Luasan tulangan pasang :

Luasan tulangan pasang lentur tarik (top)

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\text{pasang}}} &= n_{\text{pasang}} \times luasan D_{\text{lentur}} \\
 &= 5 \times 0,25 \times 3,14 \times 22 \text{ mm} \times 22 \text{ mm} \\
 &= 1899,7 \text{ mm}^2 > 1840,54 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Luasan tulangan pasang lentur tekan (bottom)

$$\begin{aligned}
 A_{s'_{\text{pasang}}} &= n_{\text{pasang}} \times luasan D_{\text{lentur}} \\
 &= 3 \times 0,25 \times 3,14 \times 22 \text{ mm} \times 22 \text{ mm} \\
 &= 1139,82 \text{ mm}^2 > 1115,42 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Luasan tulangan pasang puntir lonitudinal (web)

$$\begin{aligned}
 A_{s'_{\text{pasang}}} &= n_{\text{pasang}} \times luasan D_{\text{puntir}} \\
 &= n \times 0,25 \times 3,14 \times 12 \text{ mm} \times 12 \text{ mm} \\
 &= 226,08 \text{ mm}^2 > 179,47 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol

Pasang Tulangan Tarik 5 D 22mm

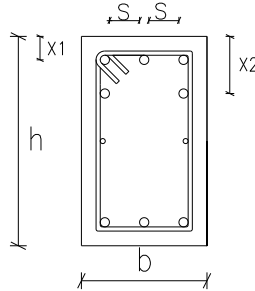
Pasang Tulangan Tekan 3 D 22mm

$$A_s \text{ Tarik} = 1899,7 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ Tekan} = 1139,82 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ Puntir} = 226,08 \text{ mm}^2$$

Cek Spasi Jarak Tulangan



Gambar 4.67 Cek jarak spasi tulangan dari jarak spasi tulangan sejajar pada penampang balok

Kontrol Spasi Jarak Tulangan Tarik

$$\begin{aligned}
 \text{Starik} &= \frac{(b - (2 \times t_{\text{selimut}}) - (2 \times D_{\text{geser}}) - (n \times D_{\text{lentur}}))}{(n - 1)} \\
 &= \frac{(300\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (5 \times 22\text{mm}))}{(5 - 1)} \\
 &= 22,5\text{mm}
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

$$S = 22,5\text{mm} < 25\text{mm} \rightarrow \text{PASANG} > 1 \text{ LAPIS}$$

$$\begin{aligned}
 S_{\text{lapis I}} &= \frac{(b - (2 \times t_{\text{selimut}}) - (2 \times D_{\text{geser}}) - (n \times D_{\text{lentur}}))}{(n - 1)} \\
 &= \frac{(300\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (3 \times 22\text{mm}))}{(3 - 1)} \\
 &= 67\text{mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{\text{Lapis2}} &= \frac{(b - (2 \times t_{\text{selimut}}) - (2 \times D_{\text{geser}}) - (n \times D_{\text{lentur}}))}{(n - 1)} \\
 &= \frac{(300\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (2 \times 22\text{mm}))}{(2 - 1)} \\
 &= 156\text{mm}
 \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan tarik 2 lapis :

Tulangan Tarik Lapis 1 : 3 D 22mm

Tulangan Tarik Lapis 2 : 2 D 22mm

Kontrol Spasi Jarak Tulangan Tekan

$$\begin{aligned}
 S_{\text{tekan}} &= \frac{(b - (2 \times t_{\text{selimut}}) - (2 \times D_{\text{geser}}) - (n \times D_{\text{lentur}}))}{(n - 1)} \\
 &= \frac{(300\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (3 \times 22\text{mm}))}{(3 - 1)} \\
 &= 67\text{mm}
 \end{aligned}$$

Syarat

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

$$S = 67\text{mm} > 25\text{mm} \rightarrow \text{PASANG 1 LAPIS}$$

Maka digunakan tul tekan 1 lapis sbb :

Tulangan Tekan Lapis 1 : 3 D 22mm

Cek Syarat SRPMM Untuk Kekuatan Lentur Pada Balok

Kuat momen lentur positif balok pada muka kolom tidak boleh lebih kecil sepertiga kuat momen lentur negatif balok pada muka kolom

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq 1/3 \times M_{\text{lentur tumpuan (-)}} \\
\text{(SNI 03-2847-2002 psl. 23.10.4).(1)}$$

Maka pada hal ini pengecekan dilakukna dengan meninjau tulangan pasang.

$$A_{s_{\text{pasang}}} = 1899,7 \text{ mm}^2$$

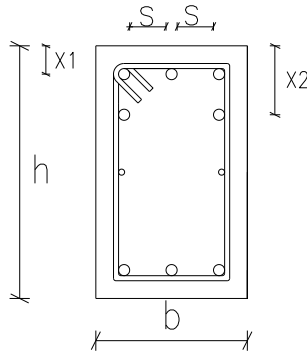
$$A_{s'_{\text{pasang}}} = 1139,82 \text{ mm}^2$$

M lentur tumpuan (+) $\geq 1/3 \times$ M lentur tumpuan (-)

$$1139,82 \text{ mm}^2 > 1/3 \times 1899,7 \text{ mm}^2$$

$$1139,82 \text{ mm}^2 > 633,23 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Cek Kemampuan Penampang Tulangan Pasang



Gambar 4.68 Cek kemampuan penampang tulangan dari jarak spasi tulangan antar lapis pada penampang balok

$$\begin{aligned} x_1 &= t_{\text{decking}} + \phi_{\text{geser}} - (1/2 \times D_{\text{lentur}}) \\ &= 40 \text{ mm} + 10 \text{ mm} - (1/2 \times 22 \text{ mm}) \\ &= 61 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_2 &= t_{\text{decking}} + \phi_{\text{geser}} + D_{\text{lentur}} + S_{\text{antarlapis}} + (1/2 \times D_{\text{lentur}}) \\ &= 40 \text{ mm} + 10 \text{ mm} + 22 \text{ mm} + 25 \text{ mm} + (1/2 \times 22 \text{ mm}) \\ &= 108 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka y adalah

$$Y = \frac{(n_{\text{lapis1}} \times \text{luasan} D_{\text{Lentur}} \times X_1) + (n_{\text{lapis2}} \times \text{luasan} D_{\text{Lentur}} \times X_2)}{(n \times D_{\text{Lentur}} \times \text{Luasan} D_{\text{Lentur}})}$$

$$= \frac{(3 \times 379,94 \times 61) + (2 \times 379,94 \times 108)}{(5 \times 379,94)}$$

$$= 79,8 \text{ mm}$$

Tinggi efektif penampang :

$$d = h_{\text{balok}} - y$$

$$= 500 \text{ mm} - 79,8 \text{ mm}$$

$$= 420,2 \text{ mm}$$

$$d' = h_{\text{balok}} - d$$

$$= 500 \text{ mm} - 420,2 \text{ mm}$$

$$= 79,8 \text{ mm}$$

Persamaan Kestabilan Penampang :

$$T = C$$

$$T = Cc' + Cs'$$

$$As_{\text{pasang}} \times f_y = (0,85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X) + (As'_{\text{pasang}} \times f_s')$$

$$As_{\text{pasang}} \times f_y = (0,85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X)$$

$$+ (As'_{\text{pasang}} \times \left(1 - \frac{d'}{X}\right) \times 600)$$

$$As_{\text{pasang}} \times f_y = (0,85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X) + ((As'_{\text{pasang}}$$

$$\times 600) - (As'_{\text{pasang}} \times 600 \times \left(\frac{d'}{X}\right))$$

$$0 = - (0,85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X) + ((As_{\text{pasang}} \times f_y)$$

$$- (As'_{\text{pasang}} \times 600)) + (As'_{\text{pasang}} \times 600 \times \left(\frac{d'}{X}\right))$$

Dikalikan Dengan Nilai X :

$$0 = -(0,85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X) \times X + ((A_{s_{\text{pasang}}} \times f_y) - (A_{s'_{\text{pasang}}} \times 600)) \times X + (A_{s'_{\text{pasang}}} \times 600 \times d')$$

$$0 = -(0,85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X) \times X + ((A_{s_{\text{pasang}}} \times f_y) - (A_{s'_{\text{pasang}}} \times 600)) \times X + (A_{s'_{\text{pasang}}} \times 600 \times d')$$

Mencari nilai X dengan persamaan abc :

$$X_{12} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$a = 0,85 \times f_c' \times b \times \beta_1$$

$$b = (A_{s_{\text{pasang}}} \times f_y) - (A_{s'_{\text{pasang}}} \times 600)$$

$$c = A_{s'_{\text{pasang}}} \times 600 \times d'$$

Maka nilai X :

$$a = 0,85 \times f_c' \times b \times \beta_1$$

$$= 0,85 \times 30\text{Mpa} \times 300\text{mm} \times 0,85$$

$$= -6502,5$$

$$b = (A_{s_{\text{pasang}}} \times f_y) - (A_{s'_{\text{pasang}}} \times 600)$$

$$= (1899,7 \times 400) - (1139,82 \times 600)$$

$$= 75988$$

$$c = A_{s'_{\text{pasang}}} \times 600 \times d'$$

$$= 1139,82 \times 600 \times 79,8$$

$$= 54574582$$

$$X_1 = \frac{-(75988) + \sqrt{(75988)^2 - (4 \times (-6502,5) \times (54574582))}}{2(-6502,5)}$$

$$= -85,95572$$

$$X_2 = \frac{-(75988) - \sqrt{(75988)^2 - (4 \times (-6502,5) \times (54574582))}}{2(-6502,5)}$$

$$= 97,64169$$

Maka nilai $X_{\text{pasang}} = X_2 = 97,64169\text{mm}$

Tinggi blok gaya tekan beton :

$$\begin{aligned} a &= \beta_1 \times X \\ &= 97,64169 \times 0,85 \\ &= 82,99543 \end{aligned}$$

Gaya tekan beton :

$$\begin{aligned} Cc' &= 0,85 \times f_c' \times b \times a \\ &= 0,85 \times 30 \times 300 \times 82,99543 \\ &= 634915,1 \end{aligned}$$

Gaya tekan tulangan rangkap :

$$\begin{aligned} Cs' &= As'_{\text{pasang}} \times fs' \\ &= As'_{\text{pasang}} \times \left(1 - \frac{d'}{X}\right) \times 600 \\ &= 1139,82 \times \left(1 - \frac{79,8}{97,64}\right) \times 600 \\ &= 124964,9 \text{ N} \end{aligned}$$

Cek Momen Nominal Pasang

$$\begin{aligned} Mn &= Cc' \left(d - \left(\frac{a}{2} \right) \right) + Cs' \times (d - d') \\ &= 634915,1 \times \left(420,2 - \left(\frac{82,99}{2} \right) \right) + 124964,9 \\ &\quad \times (420,2 - 79,8) \\ &= 282981849 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

Syarat :

$Mn_{\text{pasang}} \geq Mn_{\text{perlu}}$, maka perencanaan OK

$Mn_{\text{pasang}} \leq Mn_{\text{perlu}}$, maka perencanaan TDK OK

Kontrol :

$$282981849 \text{ N.mm} \geq 278469875 \text{ N.mm}$$

Kesimpulan :

Penulangan lentur memenuhi

3. Perhitungan Penulangan Lentur Daerah Tumpuan Kiri

Diambil momen akibat kombinasi :

$$1,2DL+1,0LL-0,3EQX+1,0EQY$$

$$\text{Momen Tumpuan (Mu)} = 46677,41 \text{ KN-mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen Nominal (Mn)} &= \frac{Mu}{\Phi} \\ &= \frac{46677,41 \text{ KN-mm}}{0,8} \\ &= 58346,7625 \text{ KN-mm} \end{aligned}$$

Posisi Garis Netral Balance :

$$\begin{aligned} Xb &= \frac{600}{(600 + fy)} \times d \\ &= \frac{600}{(600 + 400)} \times 439 \\ &= 263,4 \text{ mm} \end{aligned}$$

Posisi Garis Netral Maksimum :

$$\begin{aligned} X_{\max} &= 0,75 \times Xb \\ &= 0,75 \times 264,3 \text{ mm} \\ &= 197,55 \text{ mm} \end{aligned}$$

Posisi Garis Netral Rencana :

$$X_r \text{ Asumsi} = 85 \text{ mm}$$

Luas Tulangan Tarik :

$$\begin{aligned} A_{sc} &= \frac{0,85 \times f_c \times \beta_1 \times b \times X_r}{fy} \\ &= \frac{0,85 \times 30 \times 0,85 \times 300 \times 85}{400} \\ &= 1381,78 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Momen Nominal tekan

$$\begin{aligned}
 M_{nc} &= A_{sc} \times f_y \times \left(d - \left(\frac{\beta_1 \times X_r}{2} \right) \right) \\
 &= 1381,78 \times 400 \times \left(439 - \left(\frac{0,85 \times 85}{2} \right) \right) \\
 &= 222674,0484 \text{KN-mm}
 \end{aligned}$$

Cek Apakah Perlu Tulangan Tekan

$$\begin{aligned}
 M_{ns} &= M_n - M_{nc} \\
 &= 58346,76 \text{KN-mm} - 222674,0484 \text{KN-mm} \\
 &= -164327,3 \text{KN-mm}
 \end{aligned}$$

**$M_{ns} < 0$, Sehingga Untuk Analisis Selanjutnya
Digunakan Perhitungan Penulangan Lentur
Tunggal**

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\
 &= \frac{58346,76 \text{KN-mm}}{300 \text{mm} \times (439 \text{mm})^2} \\
 &= 1,009175 \text{N.mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\
 &= \frac{400 \text{Mpa}}{0,85 \times 30 \text{Mpa}} \\
 &= 0,0035
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{Perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{0,0035} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,0035 \times 1,009175}{400}} \right) \\
 &= 0,002575
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$$

(SNI-03-2847-2002 psl. 12.5.1)

$$= \frac{1,4}{400 \text{ Mpa}}$$

$$= 0,0035$$

$$\rho_{\text{Balance}} = \frac{0,85 \times f_c' \times \beta_1}{f_y} \times \frac{600}{(600 + f_y)}$$

(SNI-03-2847-2002 psl. 10.4.3)

$$= \frac{0,85 \times 30 \times 0,85}{400} \times \frac{600}{(600 + 400)}$$

$$= 0,0325$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_{\text{balance}}$$

(SNI-03-2847-2002 psl. 12.3.3)

$$= 0,75 \times 0,0325$$

$$= 0,0244$$

syarat : $\rho_{\min} < \rho$ perlu $< \rho_{\max}$, maka dalam perhitungan selanjutnya digunakan ρ_{\min}

Luas Tulangan Tarik Perlu (As)

$$\text{As Perlu} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d$$

$$= 0,0035 \times 300 \text{ mm} \times 439 \text{ mm}$$

$$= 460,95 \text{ mm}^2$$

As Tulangan Tarik Ditambah Tul. Puntir

Longitudinal :

$$\text{As} = 460,95 \text{ mm}^2 + 89,7357 \text{ mm}^2$$

$$= 550,6857 \text{ mm}^2$$

Luas Tulangan Tekan Perlu (As')

$$\text{As' Perlu} = 0,5 \times \text{As Perlu}$$

$$= 0,5 \times 550,6857 \text{ mm}^2$$

$$= 275,3428 \text{ mm}^2$$

Luasan Tulangan :

Luasan Tulangan Lentur :

$$\begin{aligned} D-22 &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22\text{mm})^2 \\ &= 379,94\text{mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan Tulangan Puntir :

$$\begin{aligned} D-12 &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (12\text{mm})^2 \\ &= 113,04\text{mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Tarik Perlu

$$\begin{aligned} n \text{ Tulangan Tarik} &= \frac{A_{s' \text{ Perlu}}}{\text{Luasan } D_{\text{Lentur}}} \\ &= \frac{550,6857\text{mm}^2}{0,25 \times 3,14 \times 22\text{mm} \times 22\text{mm}} \\ &= 2\text{Buah} \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Tekan Perlu

$$\begin{aligned} n \text{ Tulangan Tekan} &= \frac{A_{s' \text{ Perlu}}}{\text{Luasan } D_{\text{Lentur}}} \\ &= \frac{275,3428\text{mm}^2}{0,25 \times 3,14 \times 22\text{mm} \times 22\text{mm}} \\ &= 2\text{Buah} \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Puntir Longitudinal Perlu

$$\begin{aligned} n \text{ Tulangan Puntir} &= \frac{A_{s_{\text{Puntir}} \text{ Perlu}}}{\text{Luasan } D_{\text{Puntir}}} \\ &= \frac{179,47\text{mm}^2}{0,25 \times 3,14 \times 12\text{mm} \times 12\text{mm}} \\ &= 2 \text{ Buah} \end{aligned}$$

Luasan tulangan pasang :

Luasan tulangan pasang lentur tarik (top)

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{pasang}}} &= n_{\text{pasang}} \times \text{luasan } D_{\text{lentur}} \\ &= 2 \times 0,25 \times 3,14 \times 22\text{mm} \times 22\text{mm} \\ &= 759,88\text{mm}^2 > 550,6857\text{mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan tulangan pasang lentur tekan (bottom)

$$\begin{aligned} A_{s'_{\text{pasang}}} &= n_{\text{pasang}} \times \text{luasan } D_{\text{lentur}} \\ &= 2 \times 0,25 \times 3,14 \times 22\text{mm} \times 22\text{mm} \\ &= 759,88\text{mm}^2 > 275,3428\text{mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan tulangan pasang puntir lonitudinal (web)

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{pasang}}} &= n_{\text{pasang}} \times \text{luasan } D_{\text{puntir}} \\ &= 2 \times 0,25 \times 3,14 \times 12\text{mm} \times 12\text{mm} \\ &= 226,08\text{mm}^2 > 179,47\text{mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol

Pasang Tulangan Tarik 2 D 22mm

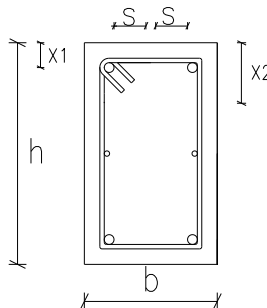
Pasang Tulangan Tekan 2 D 22mm

$$A_s \text{ Tarik} = 759,88\text{mm}^2$$

$$A_s \text{ Tekan} = 759,88\text{mm}^2$$

$$A_s \text{ Puntir} = 226,08\text{mm}^2$$

Cek Spasi Jarak Tulangan



Gambar 4.69 Cek jarak spasi tulangan dari jarak spasi tulangan sejajar pada penampang balok

Kontrol Spasi Jarak Tulangan Tarik

$$\begin{aligned}
 S_{\text{tarik}} &= \frac{(b - (2 \times t_{\text{selimut}}) - (2 \times D_{\text{geser}}) - (n \times D_{\text{lentur}}))}{(n - 1)} \\
 &= \frac{(300\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (2 \times 22\text{mm}))}{(2 - 1)} \\
 &= 156\text{mm}
 \end{aligned}$$

Syarat

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

$$S = 156\text{mm} > 25\text{mm} \rightarrow \text{PASANG 1 LAPIS}$$

Maka digunakan tul tarik 1 lapis sbb :

Tulangan Tarik Lapis 1 : 2 D 22mm

Kontrol Spasi Jarak Tulangan Tekan

$$\begin{aligned}
 S_{\text{tekan}} &= \frac{(b - (2 \times t_{\text{selimut}}) - (2 \times D_{\text{geser}}) - (n \times D_{\text{lentur}}))}{(n - 1)} \\
 &= \frac{(300\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (2 \times 22\text{mm}))}{(2 - 1)} \\
 &= 156\text{mm}
 \end{aligned}$$

Syarat

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

$$S = 156\text{mm} > 25\text{mm} \rightarrow \text{PASANG 1 LAPIS}$$

maka digunakan tulangan tekan 1 lapis :

Tulangan Tekan Lapis 1 : 2 D 22mm

Cek Syarat SRPMM Untuk Kekuatan Lentur Pada Balok

Kuat momen lentur positif balok pada muka kolom tidak boleh lebih kecil sepertiga kuat momen lentur negatif balok pada muka kolom

M lentur tumpuan (+) $\geq 1/3 \times$ M lentur tumpuan (-)
(SNI 03-2847-2002 psl. 23.10.4).(1)

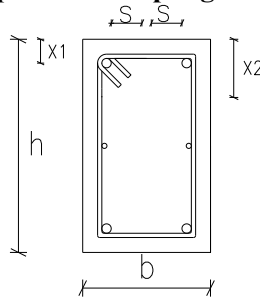
Maka pada hal ini pengecekan dilakukna dengan
 meninjau tulangan pasang.

$$A_{s_{pasang}} = 759,88 \text{ mm}^2$$

$$A_{s'_{pasang}} = 759,88 \text{ mm}^2$$

M lentur tumpuan (+) $\geq 1/3 \times$ M lentur tumpuan (-)
 $759,88 \text{ mm}^2 > 1/3 \times 759,88 \text{ mm}^2$
 $759,88 \text{ mm}^2 > 253,293 \text{ mm}^2$ (Memenuhi)

Cek Kemampuan Penampang Tulangan Pasang



Gambar 4.70 Cek kemampuan penampang tulangan dari jarak spasi tulangan antar lapis pada penampang balok

$$\begin{aligned} x_1 &= t_{\text{decking}} + \phi_{\text{geser}} - (1/2 \times D_{\text{lentur}}) \\ &= 40 \text{ mm} + 10 \text{ mm} - (1/2 \times 22 \text{ mm}) \\ &= 61 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_2 &= t_{\text{decking}} + \phi_{\text{geser}} + D_{\text{lentur}} + S_{\text{antarlapis}} + (1/2 \times D_{\text{lentur}}) \\ &= 40 \text{ mm} + 10 \text{ mm} + 22 \text{ mm} + 25 \text{ mm} + (1/2 \times 22 \text{ mm}) \\ &= 108 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka y adalah

$$\begin{aligned}
 Y &= \frac{(n_{\text{lapis1}} \times \text{luasan} D_{\text{Lentur}} \times X_1) + (n_{\text{lapis2}} \times \text{luasan} D_{\text{Lentur}} \times X_2)}{(n \times D_{\text{Lentur}} \times \text{Luasan} D_{\text{Lentur}})} \\
 &= \frac{(2 \times 379,94 \times 61) + (0 \times 379,94 \times 108)}{(2 \times 379,94)} \\
 &= 61\text{mm}
 \end{aligned}$$

Tinggi efektif penampang :

$$\begin{aligned}
 d &= h_{\text{balok}} - y \\
 &= 500\text{mm} - 61\text{mm} \\
 &= 439\text{mm} \\
 d' &= h_{\text{balok}} - d \\
 &= 500\text{mm} - 439\text{mm} \\
 &= 61\text{mm}
 \end{aligned}$$

Tinggi blok gaya tekan beton :

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} \\
 &= \frac{759,88.400}{0,85.30.300} \\
 &= 39,73229\text{mm}
 \end{aligned}$$

Gaya tekan beton

$$\begin{aligned}
 Cc' &= 0,85 \times f_c' \times b \times a \\
 &= 0,85 \times 30\text{Mpa} \times 300\text{mm} \times 39,73229 \\
 &= 303952\text{N}
 \end{aligned}$$

Cek Momen Nominal Pasang

$$\begin{aligned}
 Mn &= Cc' \left(d - \left(\frac{a}{2} \right) \right) \\
 &= 303952 \left(439 - \left(\frac{39,73229}{2} \right) \right) \\
 &= 127396574\text{N.mm}
 \end{aligned}$$

Syarat :

$Mn_{pasang} \geq Mn_{perlu}$, maka perencanaan OK

$Mn_{pasang} \leq Mn_{perlu}$, maka perencanaan TDK OK

Kontrol :

$$127396574 \text{ N.mm} \geq 58346760 \text{ N.mm}$$

Kesimpulan :

Penulangan lentur memenuhi

4. Perhitungan Penulangan Lentur Daerah

Lapangan

Diambil momen akibat kombinasi :

1,2DL+1,6LL

$$\text{Momen Tumpuan (Mu)} = 136416,9 \text{ KN-mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen Nominal (Mn)} &= \frac{Mu}{\Phi} \\ &= \frac{136416,9 \text{ KN-mm}}{0,8} \\ &= 170521,0625 \text{ KN-mm} \end{aligned}$$

Posisi Garis Netral Balance

$$\begin{aligned} Xb &= \frac{600}{(600 + fy)} \times d \\ &= \frac{600}{(600 + 400)} \times 439 \\ &= 263,4 \text{ mm} \end{aligned}$$

Posisi Garis Netral Maksimum

$$\begin{aligned} X_{max} &= 0,75 \times Xb \\ &= 0,75 \times 264,3 \text{ mm} \\ &= 197,55 \text{ mm} \end{aligned}$$

Posisi Garis Netral Rencana
 X_r Asumsi = 85mm

Luas Tulangan Tarik

$$\begin{aligned} A_{sc} &= \frac{0,85 \times f_c \times \beta_1 \times b \times X_r}{f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 30 \times 0,85 \times 300 \times 85}{400} \\ &= 1381,78 \text{mm}^2 \end{aligned}$$

Momen Nominal tekan

$$\begin{aligned} M_{nc} &= A_{sc} \times f_y \times \left(d - \left(\frac{\beta_1 \times X_r}{2} \right) \right) \\ &= 1381,78 \times 400 \times \left(439 - \left(\frac{0,85 \times 85}{2} \right) \right) \\ &= 222674,0484 \text{KN-mm} \end{aligned}$$

Cek Apakah Perlu Tulangan Tekan

$$\begin{aligned} M_{ns} &= M_n - M_{nc} \\ &= 170521,0625 \text{KN-mm} - 222674,0484 \text{KN-mm} \\ &= -52152,99 \text{KN-mm} \end{aligned}$$

**$M_{ns} < 0$, Sehingga Untuk Analisis Selanjutnya
 Digunakan Perhitungan Penulangan Lentur
 Tunggal**

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\ &= \frac{170521,0625 \text{KN-mm}}{300 \text{mm} \times (439 \text{mm})^2} \\ &= 2,94936 \text{N/mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\
 &= \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 30 \text{ Mpa}} \\
 &= 0,0035
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{Perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{0,0035} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,0035 \times 2,9493}{400}} \right) \\
 &= 0,007858
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\
 &\textbf{(SNI-03-2847-2002 psl. 12.5.1)} \\
 &= \frac{1,4}{400 \text{ Mpa}} \\
 &= 0,0035
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{Balance}} &= \frac{0,85 \times f_c' \times \beta_1}{f_y} \times \frac{600}{(600 + f_y)} \\
 &\textbf{(SNI-03-2847-2002 psl. 10.4.3)} \\
 &= \frac{0,85 \times 30 \times 0,85}{400} \times \frac{600}{(600 + 400)} \\
 &= 0,0325
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_{\text{balance}} \\
 &\textbf{(SNI-03-2847-2002 psl. 12.3.3)} \\
 &= 0,75 \times 0,0325 \\
 &= 0,0244
 \end{aligned}$$

syarat : $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$, maka dalam perhitungan selanjutnya digunakan ρ_{perlu}

Luas Tulangan Tarik Perlu (As)

$$\begin{aligned} \text{As Perlu} &= \rho_{\min} \cdot b \cdot d \\ &= 0,007858 \times 300\text{mm} \times 439\text{mm} \\ &= 1034,85\text{mm}^2 \end{aligned}$$

As Tulangan Tarik Ditambah Tul. Puntir

Longitudinal :

$$\begin{aligned} \text{As} &= 1034,85\text{mm}^2 + 89,7357\text{mm}^2 \\ &= 1124,589\text{mm}^2 \end{aligned}$$

Luas Tulangan Tekan Perlu (As')

$$\begin{aligned} \text{As' Perlu} &= 0,5 \times \text{As Perlu} \\ &= 0,5 \times 1124,589\text{mm}^2 \\ &= 562,2945\text{mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan Tulangan :

Luasan Tulangan Lentur :

$$\begin{aligned} D-22 &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22\text{mm})^2 \\ &= 379,94\text{mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan Tulangan Puntir :

$$\begin{aligned} D-12 &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (12\text{mm})^2 \\ &= 113,04\text{mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Tarik Perlu

$$\begin{aligned} n \text{ Tulangan Tarik} &= \frac{\text{As}_{\text{Perlu}}}{\text{Luasan } D_{\text{Lentur}}} \\ &= \frac{1124,589\text{mm}^2}{0,25 \times 3,14 \times 22\text{mm} \times 22\text{mm}} \\ &= 3 \text{ Buah} \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Tekan Perlu

$$\begin{aligned} n \text{ Tulangan Tekan} &= \frac{As'_{\text{Perlu}}}{LuasanD_{\text{Lentur}}} \\ &= \frac{562,2945\text{mm}^2}{0,25 \times 3,14 \times 22\text{mm} \times 22\text{mm}} \\ &= 2 \text{ Buah} \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Puntir Longitudinal Perlu

$$\begin{aligned} n \text{ Tulangan Puntir} &= \frac{As_{\text{PuntirPerlu}}}{LuasanD_{\text{Puntir}}} \\ &= \frac{179,47\text{mm}^2}{0,25 \times 3,14 \times 12\text{mm} \times 12\text{mm}} \\ &= 2 \text{ Buah} \end{aligned}$$

Luasan tulangan pasang :

Luasan tulangan pasang lentur tarik (top)

$$\begin{aligned} As_{\text{pasang}} &= n_{\text{pasang}} \times \text{luasan } D_{\text{lentur}} \\ &= 3 \times 0,25 \times 3,14 \times 22\text{mm} \times 22\text{mm} \\ &= 1139,82\text{mm}^2 > 1124,589\text{mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan tulangan pasang lentur tekan (bottom)

$$\begin{aligned} As'_{\text{pasang}} &= n_{\text{pasang}} \times \text{luasan } D_{\text{lentur}} \\ &= 2 \times 0,25 \times 3,14 \times 22\text{mm} \times 22\text{mm} \\ &= 759,88\text{mm}^2 > 562,2945\text{mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan tulangan pasang puntir lonitudinal (web)

$$\begin{aligned} As'_{\text{pasang}} &= n_{\text{pasang}} \times \text{luasan } D_{\text{puntir}} \\ &= 2 \times 0,25 \times 3,14 \times 12\text{mm} \times 12\text{mm} \\ &= 226,08\text{mm}^2 > 179,47\text{mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol

Pasang Tulangan Tarik 3 D 22mm

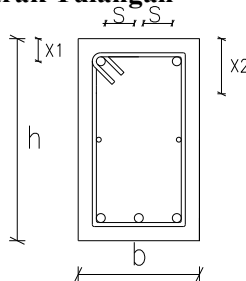
Pasang Tulangan Tekan 2 D 22mm

$$As \text{ Tarik} = 1139,82\text{mm}^2$$

$$A_s \text{ Tekan} = 759,88 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ Puntir} = 226,08 \text{ mm}^2$$

Cek Spasi Jarak Tulangan



Gambar 4.71 Cek jarak spasi tulangan dari jarak spasi tulangan sejajar pada penampang balok

Kontrol Spasi Jarak Tulangan Tarik

$$\begin{aligned}
 S_{\text{tarik}} &= \frac{(b - (2 \times t_{\text{selimut}}) - (2 \times D_{\text{geser}}) - (n \times D_{\text{lentur}}))}{(n - 1)} \\
 &= \frac{(300 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm}) - (3 \times 22 \text{ mm}))}{(3 - 1)} \\
 &= 67 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Syarat

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

$$S = 67 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \rightarrow \text{PASANG 1 LAPIS}$$

Maka digunakan tul tarik 1 lapis sbb :

Tulangan Tarik Lapis 1 : 3 D 22mm

Kontrol Spasi Jarak Tulangan Tekan

$$\begin{aligned}
 S_{\text{tekan}} &= \frac{(b - (2 \times t_{\text{selimut}}) - (2 \times D_{\text{geser}}) - (n \times D_{\text{lentur}}))}{(n - 1)} \\
 &= \frac{(300\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (2 \times 22\text{mm}))}{(2 - 1)} \\
 &= 156\text{mm}
 \end{aligned}$$

Syarat

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

$$S = 156\text{mm} > 25\text{mm} \rightarrow \text{PASANG 1 LAPIS}$$

maka digunakan tulangan tekan 1 lapis :

Tulangan Tekan Lapis 1 : 2 D 22mm

Cek Syarat SRPMM Untuk Kekuatan Lentur Pada Balok

Kuat momen lentur negatif atau positif balok pada tengah bentang tidak boleh lebih kecil seperlima kuat momen lentur maksimum balok pada muka kolom

M lentur lapangan $(-)/(+) \geq 1/5 \times \text{M lentur tumpuan maksimum}$

(SNI 03-2847-2002 psl. 23.10.4).(1)

Maka pada hal ini pengecekan dilakukan dengan meninjau tulangan pasang.

$$A_{s_{\text{pasang}}} = 1139,82\text{mm}^2$$

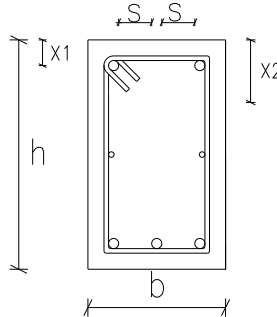
$$A_{s'_{\text{pasang}}} = 759,88\text{mm}^2$$

As pasang maksimum pada tumpuan :

$$1/5 \times 1899,7\text{mm}^2 < 759,88\text{mm}^2$$

$$379,94\text{mm}^2 < 759,88\text{mm}^2 \text{ (Memenuhi)}$$

Cek Kemampuan Penampang Tulangan Pasang



Gambar 4.72 Cek kemampuan penampang tulangan dari jarak spasi tulangan antar lapis pada penampang balok

$$\begin{aligned} x_1 &= t_{\text{decking}} + \phi_{\text{geser}} - (1/2 \times D_{\text{lentur}}) \\ &= 40\text{mm} + 10\text{mm} - (1/2 \times 22\text{mm}) \\ &= 61\text{mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_2 &= t_{\text{decking}} + \phi_{\text{geser}} + D_{\text{lentur}} + S_{\text{antarlapis}} + (1/2 \cdot D_{\text{lentur}}) \\ &= 40\text{mm} + 10\text{mm} + 22\text{mm} + 25\text{mm} + (1/2 \cdot 22\text{mm}) \\ &= 108\text{mm} \end{aligned}$$

Maka y adalah

$$\begin{aligned} Y &= \frac{(n_{\text{lapis1}} \times \text{luasan} D_{\text{lentur}} \times X_1) + (n_{\text{lapis2}} \times \text{luasan} D_{\text{lentur}} \times X_2)}{(n \times D_{\text{lentur}} \times \text{Luasan} D_{\text{lentur}})} \\ &= \frac{(3 \times 379,94 \times 61) + (0 \times 379,94 \times 108)}{(3 \times 379,94)} \\ &= 61\text{mm} \end{aligned}$$

Tinggi efektif penampang :

$$\begin{aligned} d &= h_{\text{balok}} - y \\ &= 500\text{mm} - 61\text{mm} \\ &= 439\text{mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d' &= h_{\text{balok}} - d \\ &= 500\text{mm} - 439\text{mm} \\ &= 61\text{mm} \end{aligned}$$

Tinggi blok gaya tekan beton :

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} \\
 &= \frac{1139,82 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 300} \\
 &= 59,59843 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Gaya tekan beton

$$\begin{aligned}
 C_c' &= 0,85 \times f_c' \times b \times a \\
 &= 0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 300 \text{ mm} \times 59,59843 \\
 &= 455928 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Cek Momen Nominal Pasang

$$\begin{aligned}
 M_n &= C_c' \left(d - \left(\frac{a}{2} \right) \right) \\
 &= 455928 \left(439 - \left(\frac{59,59843}{2} \right) \right) \\
 &= 186566095 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

Syarat :

$M_{n_{\text{pasang}}} \geq M_{n_{\text{perlu}}}$, maka perencanaan OK

$M_{n_{\text{pasang}}} \leq M_{n_{\text{perlu}}}$, maka perencanaan TDK OK

Kontrol :

$$186566095 \text{ N.mm} \geq 170521062,5 \text{ N.mm}$$

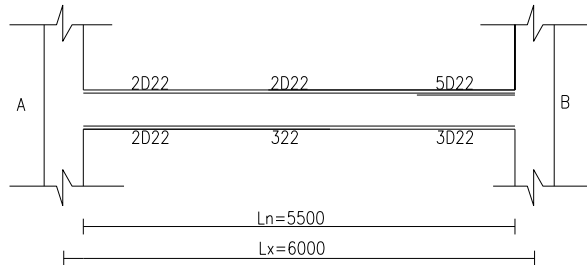
Kesimpulan :

Penulangan lentur memenuhi

KONTROL KEMAMPUAN BALOK

Pada pemasangan tulangan lentur perlu dilakukan pengecekan kekuatan kembali untuk menanggulangi apabila terjadi momen bolak-balik yang diakibatkan oleh gaya gempa yang diterima. Sehingga terdapat kemungkinan penulangan yang semulamenerima

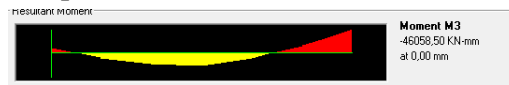
gaya tarik menjadi menerima gaya tekan dan sebaliknya



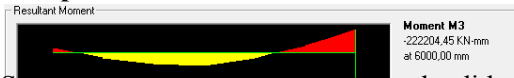
Gambar 4.73 Sketsa pemasangan tulangan lentur pada balok yang ditinjau

Pada awal penyajian data gaya dalam yang terjadi pada balok, dapat dilihat bahwa yang mengalami perubahan momen tumpuan kiri, maka perlu dilakukan pengecekan pada sisi tersebut.

Tumpuan kiri :



Tumpuan kanan :



Sesuai dengan output SAP2000, maka didapat nilai-nilai momen sebagai berikut :

Pada tumpuan kanan (akan terjadi pada tumpuan kiri jika terjadi gempa bolak balik) :

$$\begin{aligned}
 M(-) &= 222204,45 \text{ N.mm} \\
 M_n &= M_u / \phi \\
 &= 222204,45 \text{ N.mm} / 0,8 \\
 &= 278469875 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

Momen sesuai dengan tulangan terpasang pada tumpuan kiri:

$$AS_{\text{pasang}} = 2 \times D 22 = 759,88\text{mm}^2$$

$$AS'_{\text{pasang}} = 2 \times D 22 = 759,88\text{mm}^2$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} \\ &= \frac{759,88 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 300} \\ &= 39,73229\text{mm} \end{aligned}$$

Gaya tekan beton

$$\begin{aligned} Cc' &= 0,85 \times f_c' \times b \times a \\ &= 0,85 \times 30\text{Mpa} \times 300\text{mm} \times 39,73229 \\ &= 303952\text{N} \end{aligned}$$

Cek Momen Nominal Pasang

$$\begin{aligned} Mn &= Cc' \left(d - \left(\frac{a}{2} \right) \right) \\ &= 303952 \left(439 - \left(\frac{39,73229}{2} \right) \right) \\ &= 127396574\text{N.mm} \end{aligned}$$

Syarat :

$$Mn_{\text{pasang}} \geq Mn_{\text{perlu}}, \text{ maka perencanaan OK}$$

$$Mn_{\text{pasang}} \leq Mn_{\text{perlu}}, \text{ maka perencanaan TDK OK}$$

Kontrol :

$$127396574\text{N.mm} \leq 278469875\text{N.mm}$$

Kesimpulan :

Penulangan lentur tidak memenuhi

Karena momen nominal yang terjadi pada saat gempa bolak balik tidak dapat dipenuhi kebutuhannya oleh tulangan terpasang maka dipasang tulangan baru yakni tulangan tarik As 5D22, tulangan tekan As 3D22. (untuk perhitungan kemampuan tulangan dalam memenuhi kebutuhan tulangan tarik dan tekan dapat dilihat pada **perhitungan penulangan tumpuan kanan Balok As F/6-7 diLantai 2**)

5. Perhitungan Penulangan Geser Balok

Dengan data balok sebagai berikut :

- f_c' = 30Mpa
- f_{yv} = 240Mpa
- β_1 = 0,85
- Φ reduksi = 0,75

(SNI 03-2847-2002 psl 11.3.2.3)

- Lebar (b) = 300mm
- Tinggi (h) = 500mm
- \emptyset tul. Sengkang = 10mm

Dari perhitungan tungan lentur pada balok **B1 30/50 As F/6-7 diLantai 2**, didapat :

Mn-kiri (Mnl) = 281561863N.mm

(momen pasang)

Mn-kanan (Mnr) = 281561863N.mm

(momen pasang)

Dari hasil output dan diagram gaya dalam akibat kombinasi 1,2DL + 1,0LL, dari analisa Program SAP2000 didapatkan :

Gaya geser terfaktor (v_2)= 121640,64N

Dimana v_2 diambil pada tepat dimuka kolom



Gaya geser pada ujung perletakan diperoleh dari :

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{\lambda_n} + \frac{W_u + \lambda_n}{2}$$

$$= \frac{M_{nl} + M_{nr}}{L_n} + V_u$$

(SNI 03-2847-2002 psl 23.10.3).(1)

- V_{u1} = Gaya geser pada muka perletakan
 M_{nL} = Momen nominal aktual balok pada daerah tumpuan (kiri)
 M_{nR} = Momen nominal aktual balok pada daerah tumpuan (kanan)
 L_m = Panjang balok bersih

Maka V_{u1} :

$$= \frac{M_{nl} + M_{nr}}{L_n} + V_{u_{\text{TumpuanKonbinasi1,2DL+1,0LL}}}$$

$$= \frac{281561863 + 281561863}{5500} + 121640,64$$

$$= 224026,772 \text{ N}$$

Syarat kuat tekan beton :

$$\sqrt{f_{c'}} \leq \frac{25}{3} \text{ Mpa}$$

(SNI 03-2847-2002 psl 13.1.2).(1)

$$\sqrt{30 \text{ Mpa}} \leq \frac{25}{3} \text{ Mpa}$$

$$5,4772 \text{ Mpa} \leq 8,33 \text{ Mpa}$$

Kuat geser beton :

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &= \frac{1}{6} \times \sqrt{30 \text{ Mpa}} \times 300 \text{ mm} \times 439 \text{ mm} \\ &= 120225,101 \text{ N} \end{aligned}$$

Kuat geser tulangan geser :

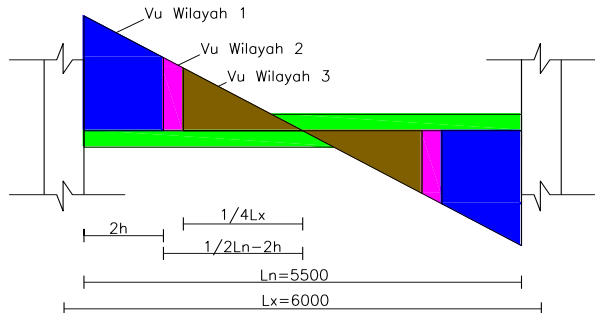
$$\begin{aligned} V_{s_{\min}} &= \frac{1}{3} \times b \times d \\ &= \frac{1}{3} \times 300 \text{ mm} \times 439 \text{ mm} \\ &= 43900 \text{ N} \\ V_{s_{\max}} &= \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &= \frac{1}{3} \times \sqrt{30 \text{ Mpa}} \times 300 \text{ mm} \times 439 \text{ mm} \\ &= 240450,2 \text{ N} \\ 2V_{s_{\max}} &= \frac{2}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &= \frac{2}{3} \times \sqrt{30 \text{ Mpa}} \times 300 \text{ mm} \times 439 \text{ mm} \\ &= 480900,4055 \text{ N} \end{aligned}$$

Pembagian Wilayah Geser Balok

Wilayah balok dibagi menjadi 3 wilayah yaitu :

1. Wilayah 1 sejarak dua kali tinggi balok dari muka kolom
2. Wilayah 2 dimulai dari akhir wilayah 1 sampai ke $\frac{1}{4}$ bentang balok
3. Wilayah 3 dimulai dari akhir wilayah 2 sampai ke $\frac{1}{2}$ bentang balok

(SNI 03-2847-2002 psl 13.1.2).(1)



Gambar 4.74 Diagram gaya geser pada balok

Penulangan Geser Balok

Wilayah 1

$$V_{u1} = 224026,772 \text{ N}$$

Cek kondisi :

Syarat :

Kondisi 1

$$V_u \leq 0,5 \times \phi \times V_c$$

Kondisi 2

$$0,5 \times \phi \times V_c \leq V_u \leq \phi \times V_c$$

Kondisi 3

$$\phi \times V_c < V_u \leq \phi(V_c + V_{s_{\min}})$$

Kondisi 4

$$\phi(V_c + V_{s_{\min}}) \leq V_u \leq \phi(V_c + V_{s_{\max}})$$

Kondisi 5

$$\phi(V_c + V_{s_{\min}}) \leq V_u \leq \phi(V_c + 2V_{s_{\max}})$$

Kontrol :

Kondisi 4

$$\phi(V_c + V_{s_{\min}}) \leq V_u \leq \phi(V_c + V_{s_{\max}})$$

$$0,75(120225,101 + 43900) \leq 224026,772 \leq$$

$$0,75(120225,101 + 240450,2)$$

$$123093,826 \leq 224026,772 \leq 270506,4781$$

Maka :

Penulangan Geser Pada Kondisi 4

Tulangan geser :

$$V_u = \Phi \cdot V_n$$

(SNI 03-2847-2002 psl 13.1.1)

$$V_u = \Phi \cdot V_c + \Phi \cdot V_s$$

$$\Phi \cdot V_s = V_u - \Phi \cdot V_c$$

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{V_u - (\Phi \times V_c)}{\Phi} \\ &= \frac{224026,772 - (0,75 \times 120225,101)}{0,75} \\ &= 178477\text{N} \end{aligned}$$

Luasan tulangan geser :

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{V_s \times S}{f_y \times d} \\ &= \frac{A_v}{S} = \frac{V_s}{f_y \times d} = \frac{178477}{240 \times 439} \\ &= 1,69398\text{mm}^2/\text{mm} \end{aligned}$$

Spasi maksimum adalah

$$\begin{aligned} S_{\text{max}} &= \frac{d}{2} \leq 600\text{mm} \\ &= \frac{439}{2} \leq 600\text{mm} \\ &= 219,5\text{mm} \end{aligned}$$

Digunakan sengkang 2 kaki :

$$\emptyset = 10\text{mm}$$

$$A_v = 2 \times A_s$$

$$= 2 \times 0,25 \times \pi \times (10\text{mm})^2$$

$$= 157,08 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan geser :

$$\frac{A_{tot}}{S} = \frac{A_v}{S} + 2 \frac{A_t}{S}$$

$$= 1,69398 + 0,9649$$

$$= 2,65888$$

Maka didapatkan nilai :

$$S_{\text{Perlu}} = \frac{A_v}{A_{tot}/S}$$

$$= \frac{157,08}{2,6588}$$

$$= 59,047\text{mm}$$

Cek Spasi Tulangan Geser

$$S_{\text{rencana}} = 55\text{mm}$$

$$\text{Syarat} =$$

(SNI 03-2847-2002 psl 23.10.4)

$$S_{\text{pakai}} \leq S_{\text{perlu}}$$

$$S_{\text{pakai}} \leq d/4 \text{ pada daerah tumpuan}$$

$$S_{\text{pakai}} \leq 8 D_{\text{lentur}}$$

$$S_{\text{pakai}} \leq 24 \emptyset_{\text{geser}}$$

$$S_{\text{pakai}} \leq 300\text{mm}$$

Kontrol :

$$55\text{mm} \leq 59,047\text{mm} \quad (\text{memenuhi})$$

$$55\text{mm} \leq 109,75\text{mm} \quad (\text{memenuhi})$$

$$55\text{mm} \leq 176\text{mm} \quad (\text{memenuhi})$$

$$55\text{mm} \leq 240\text{mm} \quad (\text{memenuhi})$$

$$55\text{mm} \leq 300\text{mm} \quad (\text{memenuhi})$$

Maka :

- Dipasang $\varnothing 10\text{-}55\text{mm}$ (dengan sengkang 2 kaki)
- Sengkang pertama dipasang $\leq 50\text{mm}$ dari muka kolom

(SNI 03-2847-2002 psl 23.10.4)(2)

Wilayah 2

$$\begin{aligned}
 V_{u_2} &= \frac{V_{u_1} \times \left(\frac{1}{2} L_n - 2h \right)}{\frac{1}{2} L_n} \\
 &= \frac{224026,772 \times \left(\frac{1}{2} 5500 - 1000 \right)}{\frac{1}{2} \times 5500} \\
 &= 142562,491\text{N}
 \end{aligned}$$

Cek kondisi :

Syarat :

Kondisi 1

$$V_u \leq 0,5 \times \phi \times V_c$$

Kondisi 2

$$0,5 \times \phi \times V_c \leq V_u \leq \phi \times V_c$$

Kondisi 3

$$\phi \times V_c < V_u \leq \phi(V_c + V_{s_{\min}})$$

Kondisi 4

$$\phi(V_c + V_{s_{\min}}) \leq V_u \leq \phi(V_c + V_{s_{\max}})$$

Kondisi 5

$$\phi(V_c + V_{s_{\min}}) \leq V_u \leq \phi(V_c + 2V_{s_{\max}})$$

Kontrol :

Kondisi 4

$$\phi(V_c + V_{s_{\min}}) \leq V_u \leq \phi(V_c + V_{s_{\max}})$$

$$\begin{aligned}
 0,75(120225,101+43900) &\leq 142562,491 \leq \\
 0,75(120225,101+240450,2) & \\
 123093,826 &\leq 142562,491 \leq 270506,4781
 \end{aligned}$$

Maka :

Penulangan Geser Pada Kondisi 4

Tulangan geser :

$$V_u = \Phi \cdot V_n$$

(SNI 03-2847-2002 psl 13.1.1)

$$V_u = \Phi \cdot V_c + \Phi \cdot V_s$$

$$\Phi \cdot V_s = V_u - \Phi \cdot V_c$$

$$\begin{aligned}
 V_s &= \frac{V_u - (\Phi \times V_c)}{\Phi} \\
 &= \frac{142562,491 - (0,75 \times 120225,101)}{0,75} \\
 &= 69858,2N
 \end{aligned}$$

Luasan tulangan geser :

$$\begin{aligned}
 A_v &= \frac{V_s \times S}{f_y \times d} \\
 &= \frac{A_v}{S} = \frac{V_s}{f_y \times d} = \frac{69858,2}{240 \times 439} \\
 &= 0,66304 \text{mm}^2/\text{mm}
 \end{aligned}$$

Spasi maksimum adalah

$$\begin{aligned}
 S_{\max} &= \frac{d}{2} \leq 600\text{mm} \\
 &= \frac{439}{2} \leq 600\text{mm} \\
 &= 219,5\text{mm}
 \end{aligned}$$

Digunakan sengkang 2 kaki :

$$\emptyset = 10\text{mm}$$

$$A_v = 2 \times A_s$$

$$= 2 \times 0,25 \times \pi \times (10\text{mm})^2$$

$$= 157,08 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan geser :

$$\begin{aligned} \frac{A_{tot}}{S} &= \frac{A_v}{S} + 2 \frac{A_t}{S} \\ &= 0,66304 + 0,9649 \\ &= 1,62794 \end{aligned}$$

Maka didapatkan nilai :

$$\begin{aligned} S_{perlu} &= \frac{A_v}{A_{tot}/S} \\ &= \frac{157,08}{1,62794} \\ &= 96,4407\text{mm} \end{aligned}$$

Cek Spasi Tulangan Geser

$$S_{rencana} = 95\text{mm}$$

$$\text{Syarat} =$$

(SNI 03-2847-2002 psl 23.10.4)

$$S_{pakai} \leq S_{perlu}$$

$$S_{pakai} \leq d/4 \text{ pada daerah tumpuan}$$

$$S_{pakai} \leq 8 D_{lentur}$$

$$S_{pakai} \leq 24 \emptyset_{geser}$$

$$S_{pakai} \leq 300\text{mm}$$

Kontrol :

$$95\text{mm} \leq 96,4407\text{mm} \quad (\text{memenuhi})$$

$$95\text{mm} \leq 109,75\text{mm} \quad (\text{memenuhi})$$

$$95\text{mm} \leq 176\text{mm} \quad (\text{memenuhi})$$

$$95\text{mm} \leq 240\text{mm} \quad (\text{memenuhi})$$

$$95\text{mm} \leq 300\text{mm} \quad (\text{memenuhi})$$

Maka :

- Dipasang $\varnothing 10\text{-}95\text{mm}$ (dengan sengkang 2 kaki)
- Sengkang pertama dipasang $\leq 50\text{mm}$ dari muka kolom

(SNI 03-2847-2002 *psl 23.10.4*)(2)

Wilayah 3

$$V_{u_3} = \frac{V_{u_1} \times \left(\frac{1}{4} L_x \right)}{\frac{1}{2} L_n}$$

$$= \frac{224026,772 \times \left(\frac{1}{4} \times 6000 \right)}{\frac{1}{2} 5500}$$

$$V_{u_3} = 122196,421\text{N}$$

Cek kondisi :

Syarat :

Kondisi 1

$$V_u \leq 0,5 \times \phi \times V_c$$

Kondisi 2

$$0,5 \times \phi \times V_c \leq V_u \leq \phi \times V_c$$

Kondisi 3

$$\phi \times V_c < V_u \leq \phi(V_c + V_{s_{\min}})$$

Kondisi 4

$$\phi(V_c + V_{s_{\min}}) \leq V_u \leq \phi(V_c + V_{s_{\max}})$$

Kondisi 5

$$\phi(V_c + V_{s_{\min}}) \leq V_u \leq \phi(V_c + 2V_{s_{\max}})$$

Kontrol :

Kondisi 3

$$\phi \times V_c < V_u \leq \phi(V_c + V_{s_{\min}})$$

$$0,75(120225,101) \leq 122196,421 \leq \\ 0,75(120225,101+43900)$$

$$90168,82603 \leq 122196,421 \leq 123093,826$$

Maka :

Penulangan Geser Pada Kondisi 3

Luasan tulangan geser :

$$A_v = \frac{V_s \times s}{f_y \times d}$$

$$\begin{aligned} \frac{A_v}{s} &= \frac{V_{s_{\min}}}{f_y \times d} \\ &= \frac{43900}{240 \times 439} \\ &= 0,41667 \text{ mm}^2/\text{mm} \end{aligned}$$

Spasi maksimum adalah

$$\begin{aligned} S_{\max} &= \frac{d}{2} \leq 600 \text{ mm} \\ &= \frac{439}{2} \leq 600 \text{ mm} \\ &= 219,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Digunakan sengkang 2 kaki :

$$\emptyset = 10 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} A_v &= 2 \times A_s \\ &= 2 \times 0,25 \times \pi \times (10 \text{ mm})^2 \\ &= 157,08 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan tulangan geser :

$$\begin{aligned}\frac{A_{tot}}{S} &= \frac{A_v}{S} + 2 \frac{A_t}{S} \\ &= 0,41667 + 0,9649 \\ &= 1,38157\end{aligned}$$

Maka didapatkan nilai :

$$\begin{aligned}S_{Perlu} &= \frac{A_v}{A_{tot}/S} \\ &= \frac{157,08}{1,38157} \\ &= 113,639\text{mm}\end{aligned}$$

Cek Spasi Tulangan Geser

$$S_{rencana} = 110\text{mm}$$

$$S_{yarat} =$$

(SNI 03-2847-2002 psl 23.10.4)

$$S_{pakai} \leq S_{perlu}$$

$$S_{pakai} \leq 8 D_{lentur}$$

$$S_{pakai} \leq 24 \phi_{geser}$$

$$S_{pakai} \leq 300\text{mm}$$

Kontrol :

$$110\text{mm} \leq 113,639\text{mm} \quad (\text{memenuhi})$$

$$110\text{mm} \leq 176\text{mm} \quad (\text{memenuhi})$$

$$110\text{mm} \leq 240\text{mm} \quad (\text{memenuhi})$$

$$110\text{mm} \leq 300\text{mm} \quad (\text{memenuhi})$$

Maka :

- Dipasang $\phi 10$ -110mm (dengan sengkang 2 kaki)
- Sengkang pertama dipasang $\leq 50\text{mm}$ dari muka kolom

(SNI 03-2847-2002 psl 23.10.4)(2)

6. Panjang Penyaluran Tulangan

Gaya tarik dan tekan pada tulangan di setiap penampang komponen struktur beton bertulang harus disalurkan pada masing-masing sisi penampang melalui penyaluran tulangan. Adapun perhitungan penyaluran tulangan berdasarkan **SNI 03-2847-2002 psl.14**.

Penyaluran Tulangan Dalam Kondisi Tarik

Penyaluran tulangan dalam kondisi tarik dihitung berdasarkan SNI 03-2847-2002 psl.14.2.

Panjang penyaluran tidak boleh kurang dari 300mm
(**SNI 03-2847-2002 psl.14.2.1**)

λ_d = panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tarik

d_b = diameter tulangan

α = faktor lokasi penulangan = 1

β = faktor pelapis = 1

(**SNI 03-2847-2002 psl.14.2.4**)

λ = faktor digunakannya agregat ringan = 1

(**SNI 03-2847-2002 psl.14.2.4**)

$$\frac{\lambda d}{d_b} = \frac{3 \times f_y \times \alpha \times \beta \times \lambda}{5 \times \sqrt{f_c'}} \geq 300 \text{ mm}$$

(**SNI 03-2847-2002 psl.14.2.2**)

$$\begin{aligned} \frac{\lambda d}{d_b} &= \frac{3 \times f_y \times \alpha \times \beta \times \lambda}{5 \times \sqrt{f_c'}} \geq 300 \text{ mm} \\ &= \frac{3 \times 400 \times 1 \times 1 \times 1 \times 22}{5 \times \sqrt{30}} \geq 300 \text{ mm} \\ &= 963,9917012 \text{ mm} \geq 300 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \lambda_{\text{reduksi}} &= \frac{A_{S_{\text{Perlu}}}}{A_{S_{\text{pasang}}}} \times \lambda_d \\
 &= \frac{1840,54}{1899,7} \times 963,9917012 \\
 &= 933,969764\text{mm}
 \end{aligned}$$

(SNI 03-2847-2002 psl.14.2.5)

Maka panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tarik 1000mm

Penyaluran Tulangan Berkait Dalam Kondisi Tarik

Penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik dihitung berdasarkan SNI 03-2847-2002 psl.14.5.

- Panjang penyaluran tidak boleh kurang dari 150mm

(SNI 03-2847-2002 psl.14.5.1)

- Berdasarkan **SNI 03-2847-2002 psl.14.5.2** panjang penyaluran dasar untuk suatu batang tulangan tarik pada penampang tepi atau yang berakhir dengan kaitan adalah :

$$\begin{aligned}
 \lambda_{\text{hb}} &= \frac{100 \times db}{\sqrt{f_{c'}}} \geq 8 \times db \\
 &= \frac{100 \times 22}{\sqrt{30\text{Mpa}}} \geq 8 \times 22\text{mm} \\
 &= 401,6632088\text{mm} \geq 160\text{mm}
 \end{aligned}$$

(SNI 03-2847-2002 psl.14.5.2)

$$\lambda_{\text{hb reduksi}} = F \text{ modifikasi} \times \lambda_{\text{hb}} \leq 150\text{mm}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{A_{S_{\text{Perlu}}}}{A_{S_{\text{pasang}}}} \times \lambda_{\text{hb}} \geq 150\text{mm} \\
 &= \frac{1840,54}{1899,7} \times 401,6632 \geq 150\text{mm} \\
 &= 389,1540683\text{mm} \geq 150\text{mm}
 \end{aligned}$$

(SNI 03-2847-2002 psl.14.5.3)(2)

- Maka panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik 390mm

Penyaluran Tulangan Dalam Kondisi Tekan

Penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tekandihitung berdasarkan SNI 03-2847-2002 psl.14.3.

- Panjang penyaluran tidak boleh kurang dari 200mm
(SNI 03-2847-2002 psl.14.3.1)

$$\begin{aligned}\lambda_{db} &= \frac{d_b \times f_y}{4\sqrt{f_c'}} \geq 0,04 \times d_b \times f_y \\ &= \frac{22 \times 400}{4\sqrt{30}} \geq 0,04 \times 22 \times 400 \\ &= 401,6632088\text{mm} \geq 352\text{mm}\end{aligned}$$

(SNI 03-2847-2002 psl.14.3.2)

$$\begin{aligned}\lambda_{db \text{ reduksi}} &= F \text{ modifikasi} \times \lambda_{db} \leq 200\text{mm} \\ &= \frac{A_{S_{\text{Perlu}}}}{A_{S_{\text{Pasang}}}} \times \lambda_{db} \geq 200\text{mm} \\ &= \frac{1115,42}{1139,82} \times 401,663208 \geq 200\text{mm} \\ &= 393,0647731\text{mm} \geq 200\text{mm}\end{aligned}$$

(SNI 03-2847-2002 psl.14.3.3)(2)

- Maka panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik 400mm

Kontrol Retak

(SNI 03-2847-2002 psl.12.6)

$$Z = f_s \sqrt[3]{d_c A}$$

$\leq 30\text{MN/m}$ untuk struktur di dalam ruangan

$\leq 25\text{MN/m}$ untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar

$$\begin{aligned}
 d_c &= \text{decking} + 0,5 \text{ } \varnothing \text{ tulangan} \\
 &= 40 + (0,5 \times 22) \\
 &= 51 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$A = \frac{2d_c \times b_w}{n}; \text{ dengan } n \text{ adalah jumlah tulangan}$$

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{2 \times 51 \times 300}{5} \\
 &= 6120 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z &= 0,6 \times 400 \times \sqrt[3]{51 \times 6120} \\
 &= 16279,9 \text{ N/mm} \\
 &= 16,2799 \text{ MN/mm} \leq 30 \text{ MN/m (OKE)}
 \end{aligned}$$

Sebagai alternatif terhadap perhitungan nilai z , dapat dilakukan perhitungan lebar retak yang diberikan oleh :

$$\begin{aligned}
 W &= 11 \times 10^{-6} \times \beta \times f_s \sqrt[3]{d_c A} \\
 &= 11 \times 10^{-6} \times 0,85 \times 0,6 \times 400 \sqrt[3]{51 \times 6120} \\
 &= 0,152217 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

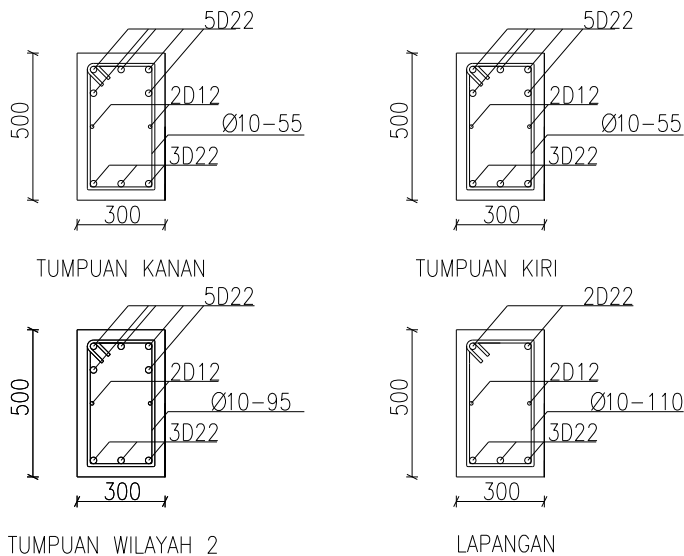
Nilai lebar retak yang diperoleh tidak boleh melebihi 0,4mm untuk penampang didalam ruangan dan 0,3mm untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar, dimana $\beta = 0,85$ untuk $f_c' \leq 30 \text{ Mpa}$

Gambar Penulangan Balok

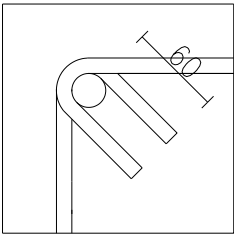
Panjang kait ditentukan sejarak

$$\begin{aligned}
 6d &= 6 \times 10 \text{ mm} \\
 &= 60 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

(PBBI 1971, Bab 8.2)



Gambar 4.75 Sketsa Penampang Balok Induk 30-50 As
F/6-7



Gambar 4.76 Sketsa Pembengkokan Tulangan Pada
Tulangan Geser

4.5.2 Perhitungan Penulangan Balok Anak 20/30

Berikut akan dibahas penulangan balok Anak **B1 20/30 As E-F/6'** di lantai 4. Adapun data-data, gambar denah pembalokan, hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP2000, ketentuan perhitungan penulangan balok dengan metode SRPMM, perhitungan dan hasil akhir gambar penampang balok adalah sebagai berikut:

DATA PERENCANAAN :

- Tipe balok : BA20/30
- Lokasi balok : AsE-F/6'
- Bentang balok (L_{balok}) : 6000mm
- Dimensi balok (b_{balok}) : 200mm
- Dimensi balok (h_{balok}) : 300mm
- Bentang kolom (L_{kolom}) : 4000mm
- Dimensi kolom (b_{kolom}) : 500mm
- Dimensi kolom (h_{kolom}) : 500mm
- Kuat tekan beton (f_c') : 30 MPa
- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) : 400 Mpa
- Kuat leleh tulangan geser (f_{yv}) : 240 Mpa
- Kuat leleh tulangan puntir (f_{yt}) : 400 Mpa
- Diameter tulangan lentur (D_{lentur}) : 16 mm
- Diameter tulangan geser (\emptyset_{geser}) : 10 mm
- Diameter tulangan puntir (D_{puntir}) : 10 mm
- Jarak spasi tulangan sejajar (S_{sejajar}) : 25mm
(SNI 03-2847-2002 psl. 9.6.1)
- Jarak spasi tulangan antar lapis ($S_{\text{antar lps}}$) : 25mm
(SNI 03-2847-2002 psl. 9.6.2)
- Tebal selimut beton (t_{decking}) : 40 mm
(SNI 03-2847-2002 psl. 9.7.1)
- Faktor distribusi tegangan beton (β_1) : 0,85
(SNI 03-2847-2002 psl. 12.2.7)(3)
- Faktor reduksi kekuatan lentur (Φ) : 0,8

(SNI 03-2847-2002 psl. 11.3.2)(1)

- Faktor reduksi kekuatan geser (Φ) : 0,75

(SNI 03-2847-2002 psl. 11.3.2)(3)

- Faktor reduksi kekuatan puntir (Φ) : 0,75

(SNI 03-2847-2002 psl. 11.3.2)(3)

Tinggi Effektif :

$$d = h - \text{decking} - \text{ø sengkang} - \frac{1}{2} \text{ ø tul. lentur}$$

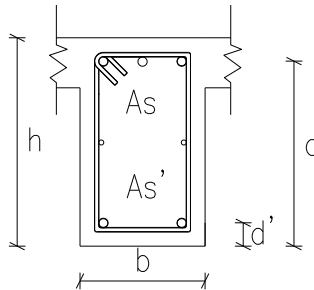
$$= 300\text{mm} - 40\text{mm} - 10\text{mm} - (0.5 \times 16\text{mm})$$

$$= 242 \text{ mm}$$

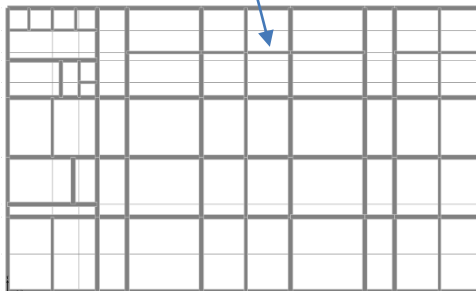
$$d' = \text{Tebal Decking} + \text{ø Sengkang} + \frac{1}{2} \text{ ø Tul. Lentur}$$

$$= 40\text{mm} + 10\text{mm} + (0.5 \times 16\text{mm})$$

$$= 58 \text{ mm}$$



Balok yang ditinjau BA20/30 As E-F/6' (frame 928)



Gambar 4.78 Denah pembalokan lantai 4

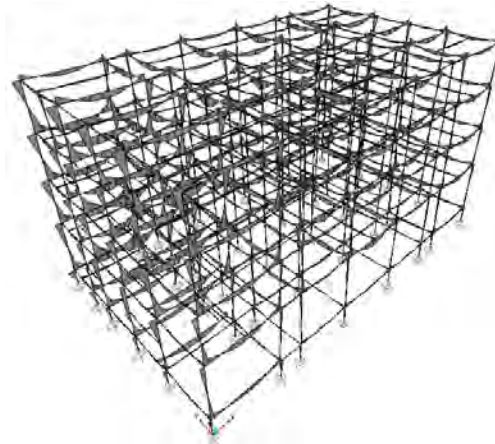
Hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000

Dari analisa SAP 2000, maka didapatkan hasil output dan diagram gaya dalam sehingga digunakan dalam proses perhitungan penulangan balok. Adapun dalam pengambilan hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 20000 yaitu gaya yang ditinjau harus ditentukan dan digunakan gaya maksimum yang terjadi akibat beberapa macam kombinasi pembebanan. Kombinasi pembebanan yang digunakan terdiri dari kombinasi beban gravitasi dan kombinasi beban gempa Kombinasi beban gravitasi :

- Pembebanan dari beban mati dan beban hidup
 $= 1,2DL + 1,6LL$
- Pembebanan dari beban mati dan beban hidup
 $= 1,2DL + 1,0LL$

Kombinasi beban gempa :

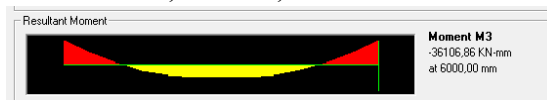
- Pembebanan dari beban gravitasi dan beban gempa positif searah sumbu X
 $= 1,2DL + 1,0LL + 1,0EQ_x + 0,3EQ_y$
- Pembebanan dari beban gravitasi dan beban gempa positif searah sumbu Y
 $= 1,2DL + 1,0LL + 0,3EQ_x + 1,0EQ_y$
- Pembebanan dari beban gravitasi dan beban gempa negatif searah sumbu X
 $= 1,2DL + 1,0LL - 1,0EQ_x - 0,3EQ_y$
- Pembebanan dari beban gravitasi dan beban gempa negatif searah sumbu Y
 $= 1,2DL + 1,0LL - 0,3EQ_x - 1,0EQ_y$
- Kombinasi dari beban gravitasi dan beban gempa lainnya
 $= 1,2DL + 1,0LL + 1,0EQ_x - 0,3EQ_y$
 $= 1,2DL + 1,0LL - 1,0EQ_x + 0,3EQ_y$
 $= 1,2DL + 1,0LL + 0,3EQ_x - 1,0EQ_y$
 $= 1,2DL + 1,0LL - 0,3EQ_x + 1,0EQ_y$



Gambar 4.79 Pemodelan 3D diagram gaya dalam momen lentur balok

Berikut diperoleh hasil momen dari analisa program SAP 2000 :

Kombinasi 1,2DL + 1,6LL



Momen Tumpuan Kanan : -36106,86 KN-mm

Momen Tumpuan Kiri : -35918,02 KN-mm

Momen Lapangan : +17452,67 KN-mm

Untuk perhitungan tulangan balok maka diambil momen dari kombinasi pembebanan di atas:

Tumpuan kanan:

Akibat kombinasi 1,2DL + 1,6LL

$Mu_{\text{tumpuan}} = -36106,86 \text{ KN-mm}$

Lapangan:

Akibat kombinasi 1,2DL + 1,6LL

$Mu_{\text{lapangan}} = +17452,67 \text{ KN-mm}$

Tumpuan kiri:

Akibat kombinasi 1,2DL + 1,6LL

$Mu_{\text{tumpuan}} = -35918,02 \text{ KN-mm}$

1. Perhitungan Penulangan Puntir

$T_u = 452977,9 \text{ N.mm}$

Akibat Kombinasi 1,2DL+1,0LL-0,3EX-1,0EY

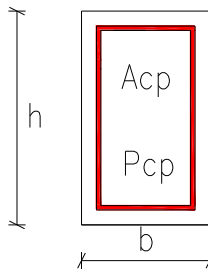
Momen Puntir Nominal :

$$T_n = \frac{T_u}{\phi}$$

(SNI 03-2847-2002 psl. 13.6.3).(5)

$$= \frac{452977,9 \text{ Nmm}}{0,75}$$

$$= 603970,5333 \text{ Nmm}$$



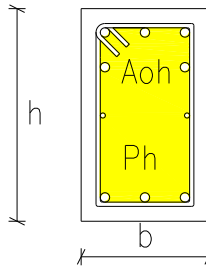
Gambar 4.80 Luasan Acp dan Keliling Pcp

Luasan penampang dibatasi sisi luar :

$$\begin{aligned} A_{cp} &= b \times h \\ &= 200\text{mm} \times 300\text{mm} \\ &= 60000\text{mm}^2 \end{aligned}$$

Keliling penampang dibatasi sisi luar :

$$\begin{aligned} P_{cp} &= 2 \times (b+h) \\ &= 2 \times (200\text{mm}+300\text{mm}) \\ &= 1000\text{mm} \end{aligned}$$



Gambar 4.81 Luasan Aoh dan keliling Ph

Luasan penampang dibatasi as tulangan sengkang :

$$\begin{aligned} A_{oh} &= (b_{\text{balok}} - 2 \cdot t_{\text{decking}} - \phi_{\text{geser}}) \times (h_{\text{balok}} - 2 \cdot t_{\text{decking}} - \phi_{\text{geser}}) \\ &= (200\text{mm} - 2 \cdot 40\text{mm} - 10\text{mm}) \times (300\text{mm} - 2 \cdot 40\text{mm} - 10\text{mm}) \\ &= 23100\text{mm}^2 \end{aligned}$$

Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang :

$$\begin{aligned} P_h &= 2 \times ((b_{\text{balok}} - 2 \cdot t_{\text{decking}} - \phi_{\text{geser}}) + (h_{\text{balok}} - 2 \cdot t_{\text{decking}} - \phi_{\text{geser}})) \\ &= 2 \times ((200\text{mm} - 2 \cdot 40\text{mm} - 10\text{mm}) + (300\text{mm} - 2 \cdot 40\text{mm} - 10\text{mm})) \\ &= 640\text{mm} \end{aligned}$$

Cek Pengaruh Tulangan Puntir

$$\begin{aligned} T_{u_{\min}} &= \frac{\phi \sqrt{f_c'}}{12} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \\ &= \frac{0,75 \sqrt{30}}{12} \left(\frac{60000^2}{1000} \right) \\ &= 1232375,754 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

(SNI 03-2847-2002 psl. 13.6.1).(a)

Syarat :

$T_{u_{\min}} \geq T_u$, maka Tulangan Puntir Diabaikan

$T_{u_{\min}} \leq T_u$, maka Tulangan Puntir Ditinjau

Kontrol :

$$1232375,754\text{N.mm} > 452977,9\text{N.mm}$$

Maka : Tulangan Puntir Diabaikan

(SNI 03-2847-2002 psl. 13.6)

2. Perhitungan Penulangan Lentur Daerah Tumpuan Kanan

Diambil momen yang terbesar :

Akibat kombinasi :

$$1,2\text{DL} + 1,6\text{LL}$$

$$\text{Momen Tumpuan (Mu)} = 36106,86\text{KN-mm}$$

$$\begin{aligned}\text{Momen Nominal (Mn)} &= \frac{\text{Mu}}{\Phi} \\ &= \frac{36106,86\text{KN-mm}}{0,8} \\ &= 45133,575\text{KN-mm}\end{aligned}$$

Posisi Garis Netral Balance

$$\begin{aligned}\text{Xb} &= \frac{600}{(600 + f_y)} \times d \\ &= \frac{600}{(600 + 400)} \times 242 \\ &= 145,2\text{mm}\end{aligned}$$

Posisi Garis Netral Maksimum

$$\begin{aligned}\text{Xmax} &= 0,75 \times \text{Xb} \\ &= 0,75 \times 145,2\text{mm} \\ &= 108,9\text{mm}\end{aligned}$$

Posisi Garis Netral Rencana

$$\text{Xr Asumsi} = 85\text{mm}$$

Luas Tulangan Tarik

$$\begin{aligned} A_{sc} &= \frac{0,85 \times f_c \times \beta_1 \times b \times X_r}{f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 30 \times 0,85 \times 200 \times 85}{400} \\ &= 921,19 \text{mm}^2 \end{aligned}$$

Momen Nominal tekan

$$\begin{aligned} M_{nc} &= A_{sc} \times f_y \times \left(d - \left(\frac{\beta_1 \times X_r}{2} \right) \right) \\ &= 921,19 \times 400 \times \left(242 - \left(\frac{0,85 \times 85}{2} \right) \right) \\ &= 75859,79063 \text{KN-mm} \end{aligned}$$

Cek Apakah Perlu Tulangan Tekan

$$\begin{aligned} M_{ns} &= M_n - M_{nc} \\ &= 45133,575 \text{KN-mm} - 75859,79063 \text{KN-mm} \\ &= -30726,22 \text{KN-mm} \end{aligned}$$

$M_{ns} < 0$, Sehingga Untuk Analisis Selanjutnya Digunakan Perhitungan Penulangan Lentur Tunggal

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\ &= \frac{45133,575 \text{KN-mm}}{200 \text{mm} \times (242 \text{mm})^2} \\ &= 3,853355 \text{N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\ &= \frac{400 \text{Mpa}}{0,85 \times 30 \text{Mpa}} \\ &= 15,68627 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{Perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,68627} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,68627 \times 3,853355}{400}} \right) \\ &= 0,010498\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{min}} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &\text{(SNI-03-2847-2002 psl. 12.5.1)} \\ &= \frac{1,4}{400 \text{ Mpa}} \\ &= 0,0035\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{Balance}} &= \frac{0,85 \times f_c' \times \beta_1}{f_y} \times \frac{600}{(600 + f_y)} \\ &\text{(SNI-03-2847-2002 psl. 10.4.3)} \\ &= \frac{0,85 \times 30 \times 0,85}{400} \times \frac{600}{(600 + 400)} \\ &= 0,0325\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{max}} &= 0,75 \times \rho_{\text{balance}} \\ &\text{(SNI-03-2847-2002 psl. 12.3.3)} \\ &= 0,75 \times 0,0325 \\ &= 0,0244\end{aligned}$$

syarat : $\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}}$, maka dalam perhitungan selanjutnya digunakan ρ_{perlu}

Luas Tulangan Tarik Perlu (As)

$$\begin{aligned}\text{As Perlu} &= \rho_{\text{min}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,010498 \times 200 \text{ mm} \times 242 \text{ mm} \\ &= 508,0895 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

As Tulangan Tarik Ditambah Tul. Puntir
Longitudinal :

$$\begin{aligned} A_s &= 508,0895\text{mm}^2 + 0\text{mm}^2 \\ &= 508,0895\text{mm}^2 \end{aligned}$$

Luas Tulangan Tekan Perlu (As')

$$\begin{aligned} A_s' \text{ Perlu} &= 0,5 \times A_s \text{ Perlu} \\ &= 0,5 \times 508,0895\text{mm}^2 \\ &= 254,0448\text{mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan Tulangan :

Luasan Tulangan Lentur :

$$\begin{aligned} D-16 &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16\text{mm})^2 \\ &= 200,96\text{mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Tarik Perlu

$$\begin{aligned} n \text{ Tulangan Tarik} &= \frac{A_{s_{\text{Perlu}}}}{\text{Luasan } D_{\text{Lentur}}} \\ &= \frac{508,0895\text{mm}^2}{0,25 \times 3,14 \times 16\text{mm} \times 16\text{mm}} \\ &= 3\text{Buah} \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Tekan Perlu

$$\begin{aligned} n \text{ Tulangan Tekan} &= \frac{A_{s_{\text{Perlu}}}}{\text{Luasan } D_{\text{Lentur}}} \\ &= \frac{254,0448\text{mm}^2}{0,25 \times 3,14 \times 16\text{mm} \times 16\text{mm}} \\ &= 2 \text{ Buah} \end{aligned}$$

Luasan tulangan pasang :

Luasan tulangan pasang lentur tarik (top)

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{pasang}}} &= n_{\text{pasang}} \times \text{luasan } D_{\text{lentur}} \\ &= 3 \times 0,25 \times 3,14 \times 16\text{mm} \times 16\text{mm} \\ &= 602,88\text{mm}^2 > 508,0895\text{mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan tulangan pasang lentur tekan (bottom)

$$\begin{aligned} A_s'_{\text{pasang}} &= n_{\text{pasang}} \times \text{luasan } D_{\text{lentur}} \\ &= 2 \times 0,25 \times 3,14 \times 16\text{mm} \times 16\text{mm} \\ &= 401,92\text{mm}^2 > 254,0448\text{mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol

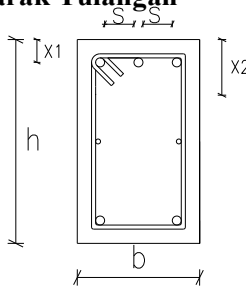
Pasang Tulangan Tarik 3 D 16mm

Pasang Tulangan Tekan 2 D 16mm

$$A_s \text{ Tarik} = 602,88\text{mm}^2$$

$$A_s \text{ Tekan} = 401,92\text{mm}^2$$

Cek Spasi Jarak Tulangan



Gambar 4.82 Cek jarak spasi tulangan dari jarak spasi tulangan sejajar pada penampang balok

Kontrol Spasi Jarak Tulangan Tarik

$$\begin{aligned} S_{\text{tarik}} &= \frac{(b - (2 \times t_{\text{selimut}}) - (2 \times D_{\text{geser}}) - (n \times D_{\text{lentur}}))}{(n - 1)} \\ &= \frac{(200\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (3 \times 16\text{mm}))}{(3 - 1)} \\ &= 26\text{mm} \end{aligned}$$

Syarat

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

$$S = 26\text{mm} > 25\text{mm} \rightarrow \text{PASANG 1 LAPIS}$$

Maka digunakan tul tarik 1 lapis sbb :
Tulangan Tarik Lapis 1 : 3 D 16mm

Kontrol Spasi Jarak Tulangan Tekan

$$\begin{aligned} S_{\text{tekan}} &= \frac{(b - (2 \times t_{\text{selimut}}) - (2 \times D_{\text{geser}}) - (n \times D_{\text{lentur}}))}{(n - 1)} \\ &= \frac{(200\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (2 \times 16\text{mm}))}{(2 - 1)} \\ &= 68\text{mm} \end{aligned}$$

Syarat

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

$$S = 68\text{mm} > 25\text{mm} \rightarrow \text{PASANG 1 LAPIS}$$

maka digunakan tul tekan 1 lapis sbb :
Tulangan Tekan Lapis 1 : 2 D 16mm

Cek Syarat SRPMM Untuk Kekuatan Lentur Pada Balok

Kuat momen lentur positif balok pada muka kolom tidak boleh lebih kecil sepertiga kuat momen lentur negatif balok pada muka kolom

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan (-)}} \quad (SNI \ 03-2847-2002 \ psl. \ 23.10.4).(1)$$

Maka pada hal ini pengecekan dilakukna dengan meninjau tulangan pasang.

$$A_{s_{\text{pasang}}} = 602,88\text{mm}^2$$

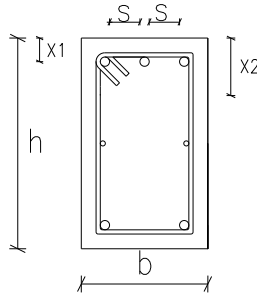
$$A_{s'_{\text{pasang}}} = 401,92\text{mm}^2$$

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan (-)}}$$

$$401,92\text{mm}^2 > \frac{1}{3} \times 602,88\text{mm}^2$$

$$401,92\text{mm}^2 > 200,96\text{mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Cek Kemampuan Penampang Tulangan Pasang



Gambar 4.83 Cek kemampuan penampang tulangan dari jarak spasi tulangan antar lapis pada penampang balok

$$\begin{aligned} x_1 &= t_{\text{decking}} + \phi_{\text{geser}} - (1/2 \times D_{\text{lentur}}) \\ &= 40\text{mm} + 10\text{mm} - (1/2 \times 16\text{mm}) \\ &= 58\text{mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_2 &= t_{\text{decking}} + \phi_{\text{geser}} + D_{\text{lentur}} + S_{\text{antarlapis}} + (1/2 \cdot D_{\text{lentur}}) \\ &= 40\text{mm} + 10\text{mm} + 16\text{mm} + 25\text{mm} + (1/2 \cdot 16\text{mm}) \\ &= 99\text{mm} \end{aligned}$$

Maka y adalah

$$\begin{aligned} Y &= \frac{(n_{\text{lapis1}} \times \text{luasan} D_{\text{Lentur}} \times X_1) + (n_{\text{lapis2}} \times \text{luasan} D_{\text{Lentur}} \times X_2)}{(n \times D_{\text{Lentur}} \times \text{Luasan} D_{\text{Lentur}})} \\ &= \frac{(3 \times 200,96 \times 58) + (0 \times 200,96 \times 99)}{(3 \times 200,96)} \\ &= 58\text{mm} \end{aligned}$$

Tinggi efektif penampang :

$$\begin{aligned} d &= h_{\text{balok}} - y \\ &= 300\text{mm} - 58\text{mm} \\ &= 242\text{mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d' &= h_{\text{balok}} - d \\ &= 300\text{mm} - 242\text{mm} \\ &= 58\text{mm} \end{aligned}$$

Tinggi blok gaya tekan beton :

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} \\ &= \frac{602,88.400}{0,85.30.200} \\ &= 47,28471 \text{ mm} \end{aligned}$$

Gaya tekan beton

$$\begin{aligned} Cc' &= 0,85 \times f_c' \times b \times a \\ &= 0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 200 \text{ mm} \times 47,28471 \\ &= 241152 \text{ N} \end{aligned}$$

Cek Momen Nominal Pasang

$$\begin{aligned} M_n &= Cc' \left(d - \left(\frac{a}{2} \right) \right) \\ &= 241152 \left(242 - \left(\frac{47,28471}{2} \right) \right) \\ &= 52657383,3 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

Syarat :

$M_{n\text{pasang}} \geq M_{n\text{perlu}}$, maka perencanaan OK

$M_{n\text{pasang}} \leq M_{n\text{perlu}}$, maka perencanaan TDK OK

Kontrol :

$$52657383,3 \text{ N.mm} \geq 45133575 \text{ N.mm}$$

Kesimpulan :

Penulangan lentur memenuhi

3. Perhitungan Penulangan Lentur Daerah Tumpuan Kiri

Diambil momen yang terbesar :

Akibat kombinasi :

$$1,2DL + 1,6LL$$

Momen Tumpuan (M_u) = 35918,02 KN-mm

$$\begin{aligned}\text{Momen Nominal } (M_n) &= \frac{M_u}{\Phi} \\ &= \frac{35918,02 \text{KN} - \text{mm}}{0,8} \\ &= 44897,525 \text{KN-mm}\end{aligned}$$

Posisi Garis Netral Balance

$$\begin{aligned}X_b &= \frac{600}{(600 + f_y)} \times d \\ &= \frac{600}{(600 + 400)} \times 242 \\ &= 145,2 \text{mm}\end{aligned}$$

Posisi Garis Netral Maksimum

$$\begin{aligned}X_{\max} &= 0,75 \times X_b \\ &= 0,75 \times 145,2 \text{mm} \\ &= 108,9 \text{mm}\end{aligned}$$

Posisi Garis Netral Rencana

$$X_r \text{ Asumsi} = 85 \text{mm}$$

Luas Tulangan Tarik

$$\begin{aligned}A_{sc} &= \frac{0,85 \times f_c \times \beta_1 \times b \times X_r}{f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 30 \times 0,85 \times 200 \times 85}{400} \\ &= 921,19 \text{mm}^2\end{aligned}$$

Momen Nominal tekan

$$\begin{aligned}
 M_{nc} &= A_{sc} \times f_y \times \left(d - \left(\frac{\beta_1 \times X_r}{2} \right) \right) \\
 &= 921,19 \times 400 \times \left(242 - \left(\frac{0,85 \times 85}{2} \right) \right) \\
 &= 75859,79063 \text{ KN-mm}
 \end{aligned}$$

Cek Apakah Perlu Tulangan Tekan

$$\begin{aligned}
 M_{ns} &= M_n - M_{nc} \\
 &= 44897,525 \text{ KN-mm} - 75859,79063 \text{ KN-mm} \\
 &= -30962,27 \text{ KN-mm}
 \end{aligned}$$

$M_{ns} < 0$, Sehingga Untuk Analisis Selanjutnya Digunakan Perhitungan Penulangan Lentur Tunggal

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\
 &= \frac{44897,525 \text{ KN-mm}}{200 \text{ mm} \times (242 \text{ mm})^2} \\
 &= 3,833202 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\
 &= \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 30 \text{ Mpa}} \\
 &= 15,68627
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{Perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{15,68627} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,68627 \times 3,833202}{400}} \right) \\
 &= 0,010437
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$$

(SNI-03-2847-2002 psl. 12.5.1)

$$= \frac{1,4}{400 \text{ Mpa}}$$

$$= 0,0035$$

$$\rho_{\text{Balance}} = \frac{0,85 \times f_c' \times \beta_1}{f_y} \times \frac{600}{(600 + f_y)}$$

(SNI-03-2847-2002 psl. 10.4.3)

$$= \frac{0,85 \times 30 \times 0,85}{400} \times \frac{600}{(600 + 400)}$$

$$= 0,0325$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_{\text{balance}}$$

(SNI-03-2847-2002 psl. 12.3.3)

$$= 0,75 \times 0,0325$$

$$= 0,0244$$

syarat : $\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$, maka dalam perhitungan selanjutnya digunakan ρ_{perlu}

Luas Tulangan Tarik Perlu (As)

$$\text{As Perlu} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d$$

$$= 0,010437 \times 200 \text{ mm} \times 242 \text{ mm}$$

$$= 505,1719 \text{ mm}^2$$

As Tulangan Tarik Ditambah Tul. Puntir Longitudinal :

$$\text{As} = 505,1719 \text{ mm}^2 + 0 \text{ mm}^2$$

$$= 505,1719 \text{ mm}^2$$

Luas Tulangan Tekan Perlu (A_s')

$$\begin{aligned} A_s' \text{ Perlu} &= 0,5 \times A_s \text{ Perlu} \\ &= 0,5 \times 505,1719 \text{ mm}^2 \\ &= 252,586 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan Tulangan :

Luasan Tulangan Lentur :

$$\begin{aligned} D-16 &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16 \text{ mm})^2 \\ &= 200,96 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Tarik Perlu

$$\begin{aligned} n \text{ Tulangan Tarik} &= \frac{A_{s \text{ Perlu}}}{\text{Luasan } D_{\text{Lentur}}} \\ &= \frac{505,1719 \text{ mm}^2}{0,25 \times 3,14 \times 16 \text{ mm} \times 16 \text{ mm}} \\ &= 3 \text{ Buah} \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Tekan Perlu

$$\begin{aligned} n \text{ Tulangan Tekan} &= \frac{A_{s \text{ Perlu}}}{\text{Luasan } D_{\text{Lentur}}} \\ &= \frac{252,586 \text{ mm}^2}{0,25 \times 3,14 \times 16 \text{ mm} \times 16 \text{ mm}} \\ &= 2 \text{ Buah} \end{aligned}$$

Luasan tulangan pasang :

Luasan tulangan pasang lentur tarik (top)

$$\begin{aligned} A_{s \text{ pasang}} &= n_{\text{pasang}} \times \text{luasan } D_{\text{lentur}} \\ &= 3 \times 0,25 \times 3,14 \times 16 \text{ mm} \times 16 \text{ mm} \\ &= 602,88 \text{ mm}^2 > 505,1719 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan tulangan pasang lentur tekan (bottom)

$$\begin{aligned} A_s'_{\text{pasang}} &= n_{\text{pasang}} \times \text{luas} D_{\text{lentur}} \\ &= 2 \times 0,25 \times 3,14 \times 16\text{mm} \times 16\text{mm} \\ &= 401,92\text{mm}^2 > 252,586\text{mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol

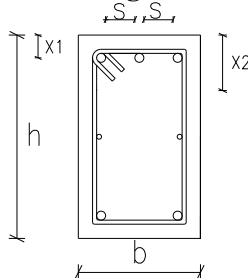
Pasang Tulangan Tarik 3 D 16mm

Pasang Tulangan Tekan 2 D 16mm

$$A_s \text{ Tarik} = 602,88\text{mm}^2$$

$$A_s \text{ Tekan} = 401,92\text{mm}^2$$

Cek Spasi Jarak Tulangan



Gambar 4.84 Cek jarak spasi tulangan dari jarak spasi tulangan sejajar pada penampang balok

Kontrol Spasi Jarak Tulangan Tarik

$$\begin{aligned} S_{\text{tarik}} &= \frac{(b - (2 \times t_{\text{selimut}}) - (2 \times D_{\text{geser}}) - (n \times D_{\text{lentur}}))}{(n - 1)} \\ &= \frac{(200\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (3 \times 16\text{mm}))}{(3 - 1)} \\ &= 26\text{mm} \end{aligned}$$

Syarat

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

$$S = 26\text{mm} > 25\text{mm} \rightarrow \text{PASANG 1 LAPIS}$$

Maka digunakan tulangan tarik 1 lapis :
 Tulangan Tarik Lapis 1 : 3 D 16mm

Kontrol Spasi Jarak Tulangan Tekan

$$\begin{aligned}
 S_{\text{tekan}} &= \frac{(b - (2 \times t_{\text{selimut}}) - (2 \times D_{\text{geser}}) - (n \times D_{\text{lentur}}))}{(n - 1)} \\
 &= \\
 &= \frac{(200\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (2 \times 16\text{mm}))}{(2 - 1)} \\
 &= 68\text{mm}
 \end{aligned}$$

Syarat

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

$$S = 68\text{mm} > 25\text{mm} \rightarrow \text{PASANG 1 LAPIS}$$

maka digunakan tulangan tekan 1 lapis :
 Tulangan Tekan Lapis 1 : 2 D 16mm

Cek Syarat SRPMM Untuk Kekuatan Lentur Pada Balok

Kuat momen lentur positif balok pada muka kolom tidak boleh lebih kecil sepertiga kuat momen lentur negatif balok pada muka kolom

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq 1/3 \times M_{\text{lentur tumpuan (-)}}$$

(SNI 03-2847-2002 psl. 23.10.4).(1)

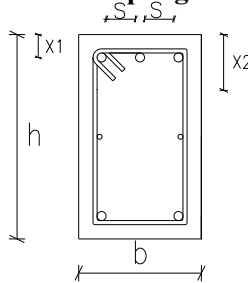
Maka pada hal ini pengecekan dilakukna dengan meninjau tulangan pasang.

$$A_{s_{\text{pasang}}} = 602,88\text{mm}^2$$

$$A_{s'_{\text{pasang}}} = 401,92\text{mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 M \text{ lentur tumpuan (+)} &\geq 1/3 \times M \text{ lentur tumpuan (-)} \\
 401,92\text{mm}^2 &> 1/3 \times 602,88\text{mm}^2 \\
 401,92\text{mm}^2 &> 200,96\text{mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})
 \end{aligned}$$

Cek Kemampuan Penampang Tulangan Pasang



Gambar 4.85 Cek kemampuan penampang tulangan dari jarak spasi tulangan antar lapis pada penampang balok

$$\begin{aligned}
 x_1 &= t_{\text{decking}} + \phi_{\text{geser}} - (1/2 \times D_{\text{lentur}}) \\
 &= 40\text{mm} + 10\text{mm} - (1/2 \times 16\text{mm}) \\
 &= 58\text{mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 x_2 &= t_{\text{decking}} + \phi_{\text{geser}} + D_{\text{lentur}} + S_{\text{antarlapis}} + (1/2 \cdot D_{\text{lentur}}) \\
 &= 40\text{mm} + 10\text{mm} + 16\text{mm} + 25\text{mm} + (1/2 \cdot 16\text{mm}) \\
 &= 99\text{mm}
 \end{aligned}$$

Maka y adalah

$$\begin{aligned}
 Y &= \frac{(n_{\text{lapis1}} \times \text{luasan} D_{\text{Lentur}} \times X_1) + (n_{\text{lapis2}} \times \text{luasan} D_{\text{Lentur}} \times X_2)}{(n \times D_{\text{Lentur}} \times \text{Luasan} D_{\text{Lentur}})} \\
 &= \frac{(3 \times 200,96 \times 58) + (0 \times 200,96 \times 99)}{(3 \times 200,96)} \\
 &= 58\text{mm}
 \end{aligned}$$

Tinggi efektif penampang :

$$\begin{aligned}
 d &= h_{\text{balok}} - y \\
 &= 300\text{mm} - 58\text{mm} \\
 &= 242\text{mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d' &= h_{\text{balok}} - d \\
 &= 300\text{mm} - 242\text{mm} \\
 &= 58\text{mm}
 \end{aligned}$$

Tinggi blok gaya tekan beton :

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} \\
 &= \frac{602,88 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 200} \\
 &= 47,28471\text{mm}
 \end{aligned}$$

Gaya tekan beton

$$\begin{aligned}
 C_c' &= 0,85 \times f_c' \times b \times a \\
 &= 0,85 \times 30\text{Mpa} \times 200\text{mm} \times 47,28471 \\
 &= 241152\text{N}
 \end{aligned}$$

Cek Momen Nominal Pasang

$$\begin{aligned}
 M_n &= C_c' \left(d - \left(\frac{a}{2} \right) \right) \\
 &= 241152 \left(242 - \left(\frac{47,28471}{2} \right) \right) \\
 &= 52657383,3\text{N.mm}
 \end{aligned}$$

Syarat :

$M_{n\text{pasang}} \geq M_{n\text{perlu}}$, maka perencanaan OK

$M_{n\text{pasang}} \leq M_{n\text{perlu}}$, maka perencanaan TDK OK

Kontrol :

$$52657383,3\text{N.mm} \geq 44897525\text{N.mm}$$

Kesimpulan :

Penulangan lentur memenuhi

4. Perhitungan Penulangan Lentur Daerah

Lapangan

Diambil momen yang terbesar :

Akibat kombinasi :

1,2DL+1,6LL

Momen Tumpuan (M_u) = 17452,67KN-mm

$$\begin{aligned} \text{Momen Nominal } (M_n) &= \frac{M_u}{\Phi} \\ &= \frac{17452,67 \text{ N-mm}}{0,8} \\ &= 21815,8375 \text{ KN-mm} \end{aligned}$$

Posisi Garis Netral Balance

$$\begin{aligned} X_b &= \frac{600}{(600 + f_y)} \times d \\ &= \frac{600}{(600 + 400)} \times 242 \\ &= 145,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

Posisi Garis Netral Maksimum

$$\begin{aligned} X_{\max} &= 0,75 \times X_b \\ &= 0,75 \times 145,2 \text{ mm} \\ &= 108,9 \text{ mm} \end{aligned}$$

Posisi Garis Netral Rencana

X_r Asumsi = 85mm

Luas Tulangan Tarik

$$\begin{aligned} A_{sc} &= \frac{0,85 \times f_c \times \beta_1 \times b \times X_r}{f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 30 \times 0,85 \times 200 \times 85}{400} \\ &= 921,19 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Momen Nominal tekan

$$\begin{aligned}
 M_{nc} &= A_{sc} \times f_y \times \left(d - \left(\frac{\beta_1 \times X_r}{2} \right) \right) \\
 &= 921,19 \times 400 \times \left(242 - \left(\frac{0,85 \times 85}{2} \right) \right) \\
 &= 75859,79063 \text{KN-mm}
 \end{aligned}$$

Cek Apakah Perlu Tulangan Tekan

$$\begin{aligned}
 M_{ns} &= M_n - M_{nc} \\
 &= 21815,8375 \text{KN-mm} - 75859,79063 \text{KN-mm} \\
 &= -54043,95 \text{KN-mm}
 \end{aligned}$$

$M_{ns} < 0$, Sehingga Untuk Analisis Selanjutnya Digunakan Perhitungan Penulangan Lentur Tunggal

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\
 &= \frac{21815,8375 \text{KN-mm}}{200 \text{mm} \times (242 \text{mm})^2} \\
 &= 1,862564 \text{N.mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\
 &= \frac{400 \text{Mpa}}{0,85 \times 30 \text{Mpa}} \\
 &= 15,68627
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{Perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{15,68627} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,68627 \times 1,862564}{400}} \right) \\
 &= 0,00484
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$$

(SNI-03-2847-2002 psl. 12.5.1)

$$= \frac{1,4}{400 \text{ Mpa}}$$

$$= 0,0035$$

$$\rho_{\text{Balance}} = \frac{0,85 \times f_c' \times \beta_1}{f_y} \times \frac{600}{(600 + f_y)}$$

(SNI-03-2847-2002 psl. 10.4.3)

$$= \frac{0,85 \times 30 \times 0,85}{400} \times \frac{600}{(600 + 400)}$$

$$= 0,0325$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_{\text{balance}}$$

(SNI-03-2847-2002 psl. 12.3.3)

$$= 0,75 \times 0,0325$$

$$= 0,0244$$

syarat : $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$, maka dalam perhitungan selanjutnya digunakan ρ_{perlu}

Luas Tulangan Tarik Perlu (As)

$$\text{As Perlu} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d$$

$$= 0,00484 \times 200 \text{ mm} \times 242 \text{ mm}$$

$$= 234,2633 \text{ mm}^2$$

As Tulangan Tarik Ditambah Tul. Puntir

Longitudinal :

$$\text{As} = 234,2633 \text{ mm}^2 + 0 \text{ mm}^2$$

$$= 234,2633 \text{ mm}^2$$

Luas Tulangan Tekan Perlu (A_s')

$$\begin{aligned} A_s' \text{ Perlu} &= 0,5 \times A_s \text{ Perlu} \\ &= 0,5 \times 234,2633 \text{ mm}^2 \\ &= 117,1317 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan Tulangan :

Luasan Tulangan Lentur :

$$\begin{aligned} D-16 &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16 \text{ mm})^2 \\ &= 200,96 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Tarik Perlu

$$\begin{aligned} n \text{ Tulangan Tarik} &= \frac{A_{s \text{ Perlu}}}{\text{Luasan } D_{\text{Lentur}}} \\ &= \frac{234,2633 \text{ mm}^2}{0,25 \times 3,14 \times 16 \text{ mm} \times 16 \text{ mm}} \\ &= 2 \text{ Buah} \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Tekan Perlu

$$\begin{aligned} n \text{ Tulangan Tekan} &= \frac{A_{s \text{ Perlu}}}{\text{Luasan } D_{\text{Lentur}}} \\ &= \frac{117,1317 \text{ mm}^2}{0,25 \times 3,14 \times 16 \text{ mm} \times 16 \text{ mm}} \\ &= 2 \text{ Buah} \end{aligned}$$

Luasan tulangan pasang :

Luasan tulangan pasang lentur tarik (top)

$$\begin{aligned} A_{s \text{ pasang}} &= n_{\text{pasang}} \times \text{luasan } D_{\text{lentur}} \\ &= 2 \times 0,25 \times 3,14 \times 16 \text{ mm} \times 16 \text{ mm} \\ &= 401,92 \text{ mm}^2 > 234,2633 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan tulangan pasang lentur tekan (bottom)

$$\begin{aligned} A_{s' \text{ pasang}} &= n_{\text{pasang}} \times \text{luasan } D_{\text{lentur}} \\ &= 2 \times 0,25 \times 3,14 \times 16 \text{ mm} \times 16 \text{ mm} \\ &= 401,92 \text{ mm}^2 > 117,1317 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol

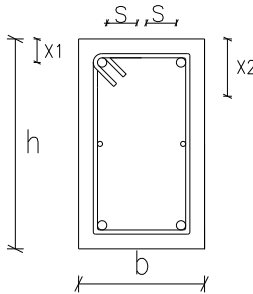
Pasang Tulangan Tarik 2 D 16mm

Pasang Tulangan Tekan 2 D 16mm

As Tarik = $401,92\text{mm}^2$

As Tekan = $401,92\text{mm}^2$

Cek Spasi Jarak Tulangan



Gambar 4.86 Cek jarak spasi tulangan dari jarak spasi tulangan sejajar pada penampang balok

Kontrol Spasi Jarak Tulangan Tarik

$$\begin{aligned}
 S_{\text{tarik}} &= \frac{(b - (2 \times t_{\text{selimut}}) - (2 \times D_{\text{geser}}) - (n \times D_{\text{lentur}}))}{(n - 1)} \\
 &= \frac{(200\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (2 \times 16\text{mm}))}{(2 - 1)} \\
 &= 68\text{mm}
 \end{aligned}$$

Syarat

$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow$ susun 1 lapis

$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow$ susun lebih dari 1 lapis

$S = 68\text{mm} > 25\text{mm} \rightarrow$ PASANG 1 LAPIS

Maka digunakan tulangan tarik 1 lapis :

Tulangan Tarik Lapis 1 : 2 D 16mm

Kontrol Spasi Jarak Tulangan Tekan

$$\begin{aligned}
 S_{\text{tekan}} &= \frac{(b - (2 \times t_{\text{selimut}}) - (2 \times D_{\text{geser}}) - (n \times D_{\text{lentur}}))}{(n - 1)} \\
 &= \frac{(200\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (2 \times 16\text{mm}))}{(2 - 1)} \\
 &= 68\text{mm}
 \end{aligned}$$

Syarat

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

$$S = 68\text{mm} > 25\text{mm} \rightarrow \text{PASANG 1 LAPIS}$$

maka digunakan tul tekan 1 lapis sbb :

Tulangan Tekan Lapis 1 : 2 D 16mm

Cek Syarat SRPMM Untuk Kekuatan Lentur Pada Balok

Kuat momen lentur negatif atau positif balok pada tengah bentang tidak boleh lebih kecil seperlima kuat momen lentur maksimum balok pada muka kolom

M lentur lapangan $(-)/(+) \geq 1/5 \times M$ lentur tumpuan maksimum

(SNI 03-2847-2002 psl. 23.10.4).(1)

Maka pada hal ini pengecekan dilakukna dengan meninjau tulangan pasang.

$$A_{s_{\text{pasang}}} = 401,92\text{mm}^2$$

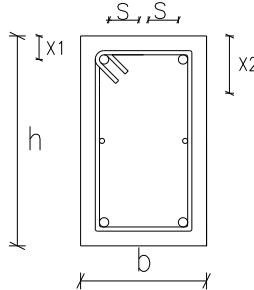
$$A_{s'_{\text{pasang}}} = 401,92\text{mm}^2$$

As pasang maksimum pada tumpuan :

$$401,92\text{mm}^2 > 1/5 \times 602,88\text{mm}^2$$

$$401,92\text{mm}^2 > 120,576\text{mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Cek Kemampuan Penampang Tulangan Pasang



Gambar 4.87 Cek kemampuan penampang tulangan dari jarak spasi tulangan antar lapis pada penampang balok

$$\begin{aligned} x_1 &= t_{\text{decking}} + \phi_{\text{geser}} - (1/2 \times D_{\text{lentur}}) \\ &= 40\text{mm} + 10\text{mm} - (1/2 \times 16\text{mm}) \\ &= 58\text{mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_2 &= t_{\text{decking}} + \phi_{\text{geser}} + D_{\text{lentur}} + S_{\text{antarlapis}} + (1/2 \cdot D_{\text{lentur}}) \\ &= 40\text{mm} + 10\text{mm} + 16\text{mm} + 25\text{mm} + (1/2 \cdot 16\text{mm}) \\ &= 99\text{mm} \end{aligned}$$

Maka y adalah

$$\begin{aligned} Y &= \frac{(n_{\text{lapis1}} \times \text{luasan} D_{\text{Lentur}} \times X_1) + (n_{\text{lapis2}} \times \text{luasan} D_{\text{Lentur}} \times X_2)}{(n \times D_{\text{Lentur}} \times \text{Luasan} D_{\text{Lentur}})} \\ &= \frac{(2 \times 200,96 \times 58) + (0 \times 200,96 \times 99)}{(2 \times 200,96)} \\ &= 58\text{mm} \end{aligned}$$

Tinggi efektif penampang :

$$\begin{aligned} d &= h_{\text{balok}} - y \\ &= 300\text{mm} - 58\text{mm} \\ &= 242\text{mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d' &= h_{\text{balok}} - d \\ &= 300\text{mm} - 242\text{mm} \\ &= 58\text{mm} \end{aligned}$$

Tinggi blok gaya tekan beton :

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} \\ &= \frac{401,92 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 200} \\ &= 31,52314 \text{ mm} \end{aligned}$$

Gaya tekan beton

$$\begin{aligned} C_c' &= 0,85 \times f_c' \times b \times a \\ &= 0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 200 \text{ mm} \times 31,52314 \\ &= 160768 \text{ N} \end{aligned}$$

Cek Momen Nominal Pasang

$$\begin{aligned} M_n &= C_c' \left(d - \left(\frac{a}{2} \right) \right) \\ &= 160768 \left(242 - \left(\frac{31,52314}{2} \right) \right) \\ &= 36371900,1 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

Syarat :

$M_{n\text{pasang}} \geq M_{n\text{perlu}}$, maka perencanaan OK

$M_{n\text{pasang}} \leq M_{n\text{perlu}}$, maka perencanaan TDK OK

Kontrol :

$$36371900,1 \text{ N.mm} \geq 21815837,5 \text{ N.mm}$$

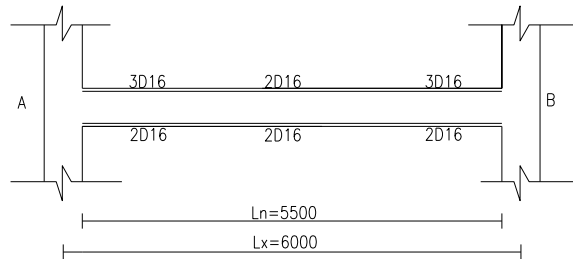
Kesimpulan :

Penulangan lentur memenuhi

KONTROL KEMAMPUAN BALOK

Pada pemasangan tulangan lentur perlu dilakukan pengecekan kekuatan kembali untuk menanggulangi apabila terjadi momen bolak-balik yang diakibatkan oleh gaya gempa yang diterima. Sehingga terdapat

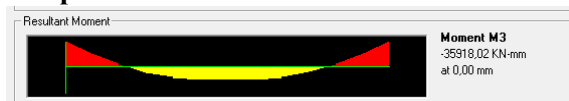
kemungkinan penulangan yang semula menerima gaya tarik menjadi menerima gaya tekan dan sebaliknya



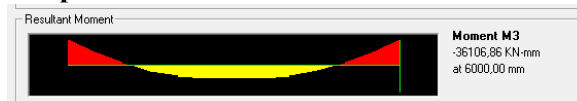
Gambar 4.88 Sketsa pemasangan tulangan lentur pada balok yang ditinjau

Pada awal penyajian data gaya dalam yang terjadi pada balok, dapat dilihat bahwa yang mengalami perubahan momen tumpuan kiri, maka perlu dilakukan pengecekan pada sisi tersebut.

Tumpuan kiri :



Tumpuan kanan :



Sesuai dengan output SAP2000, maka didapat nilai-nilai momen sebagai berikut :

Pada tumpuan kanan (akan terjadi pada tumpuan kiri jika terjadi gempa bolak balik) :

$$\begin{aligned}
 M(-) &= 36106860 \text{ N.mm} \\
 M_n &= M_u / \phi \\
 &= 36106860 \text{ N.mm} / 0,8 \\
 &= 45133575 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

Momen sesuai dengan tulangan terpasang pada tumpuan kiri:

$$AS_{\text{pasang}} = 3 \times D 16 = 602,88\text{mm}^2$$

$$AS'_{\text{pasang}} = 2 \times D 16 = 401,92\text{mm}^2$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} \\ &= \frac{602,88 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 200} \\ &= 47,28471\text{mm} \end{aligned}$$

Gaya tekan beton

$$\begin{aligned} C_c' &= 0,85 \times f_c' \times b \times a \\ &= 0,85 \times 30\text{Mpa} \times 200\text{mm} \times 47,28471 \\ &= 241152\text{N} \end{aligned}$$

Cek Momen Nominal Pasang

$$\begin{aligned} M_n &= C_c' \left(d - \left(\frac{a}{2} \right) \right) \\ &= 241152 \left(242 - \left(\frac{47,28471}{2} \right) \right) \\ &= 52657383,3\text{N.mm} \end{aligned}$$

Syarat :

$$M_{n_{\text{pasang}}} \geq M_{n_{\text{perlu}}}, \text{ maka perencanaan OK}$$

$$M_{n_{\text{pasang}}} \leq M_{n_{\text{perlu}}}, \text{ maka perencanaan TDK OK}$$

Kontrol :

$$52657383,3\text{N.mm} \leq 45133575\text{N.mm}$$

Kesimpulan :

Penulangan lentur memenuhi

5. Perhitungan Penulangan Geser Balok

Dengan data balok sebagai berikut :

- F_c' = 30Mpa
- F_{yv} = 240Mpa
- β_1 = 0,85
- Φ reduksi = 0,75

(SNI 03-2847-2002 psl 11.3.2.3)

- Lebar (b) = 200mm
- Tinggi (h) = 300mm
- \emptyset tul. Sengkang = 10mm

Dari perhitungan tuangan lentur pada balok **B1 30/50**

As F/6-7 di Lantai 2, didapat :

M_n -kiri (M_{nl}) = 52657383,3N.mm

(momen pasang)

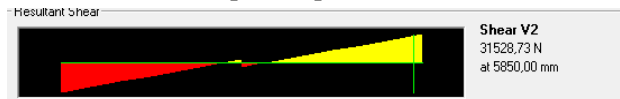
M_n -kanan (M_{nr}) = 52657383,3N.mm

(momen pasang)

Dari hasil output dan diagram gaya dalam akibat kombinasi 1,2DL + 1,0LL, dari analisa Program SAP2000 didapatkan :

Gaya geser terfaktor (v_2) = 31528,73N

Dimana v_2 diambil pada tepat dimuka balok



Gaya geser pada ujung perletakan diperoleh dari :

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{\lambda_n} + \frac{W_u + \lambda_n}{2}$$

$$= \frac{M_{nl} + M_{nr}}{L_n} + V_u$$

(SNI 03-2847-2002 psl 23.10.3).(1)

V_{u1} = Gaya geser pada muka perletakan

M_{nL} = Momen nominal aktual balok pada daerah tumpuan (kiri)

MnR = Momen nominal aktual balok pada daerah tumpuan (kanan)
 Ln = Panjang balok bersih

Maka Vu1 :

$$\begin{aligned}
 &= \frac{M_{nl} + M_{nr}}{L_n} + V_{u_{\text{Tumpuan Kombinasi 1,2DL+1,0LL}}} \\
 &= \frac{52657383,3 + 52657383,3}{5700} + 31528,73 \\
 &= 50504,3636 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Syarat kuat tekan beton :

$$\sqrt{f_c'} \leq \frac{25}{3} \text{ Mpa}$$

(SNI 03-2847-2002 psl 13.1.2).(1)

$$\sqrt{30 \text{ Mpa}} \leq \frac{25}{3} \text{ Mpa}$$

$$5,4772 \text{ Mpa} \leq 8,33 \text{ Mpa}$$

Kuat geser beton :

$$\begin{aligned}
 V_c &= \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\
 &= \frac{1}{6} \times \sqrt{30 \text{ Mpa}} \times 200 \text{ mm} \times 242 \text{ mm} \\
 &= 44182,953 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Kuat geser tulangan geser :

$$\begin{aligned}
 V_{s_{\min}} &= \frac{1}{3} \times b \times d \\
 &= \frac{1}{3} \times 200 \text{ mm} \times 242 \text{ mm} \\
 &= 16133,3 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{s_{\max}} &= \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\
 &= \frac{1}{3} \times \sqrt{30 \text{ Mpa}} \times 200 \text{ mm} \times 242 \text{ mm} \\
 &= 88365,906 \text{ N}
 \end{aligned}$$

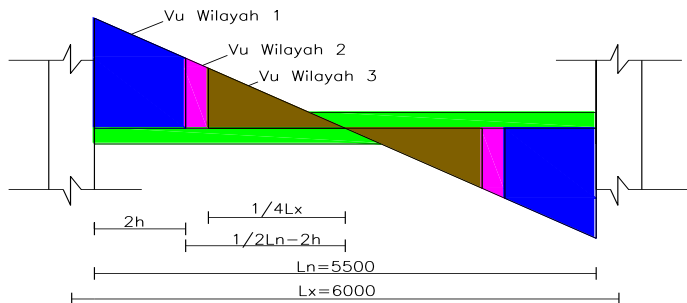
$$\begin{aligned}
 2V_{s_{\max}} &= \frac{2}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\
 &= \frac{2}{3} \times \sqrt{30 \text{ Mpa}} \times 200 \text{ mm} \times 242 \text{ mm} \\
 &= 176731,8119 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Pembagian Wilayah Geser Balok

Wilayah balok dibagi menjadi 3 wilayah yaitu :

1. Wilayah 1 sejarak dua kali tinggi balok dari muka kolom
2. Wilayah 2 dimulai dari akhir wilayah 1 sampai ke $\frac{1}{4}$ bentang balok
3. Wilayah 3 dimulai dari akhir wilayah 2 sampai ke $\frac{1}{2}$ bentang balok

(SNI 03-2847-2002 psl 13.1.2).(1)



Gambar 4.89 Diagram gaya geser pada balok

Penulangan Geser Balok**Wilayah 1**

$$V_{u1} = 50005,0048 \text{ N}$$

Cek kondisi :

Syarat :

Kondisi 1

$$V_u \leq 0,5 \times \phi \times V_c$$

Kondisi 2

$$0,5 \times \phi \times V_c \leq V_u \leq \phi \times V_c$$

Kondisi 3

$$\phi \times V_c < V_u \leq \phi(V_c + V_{s_{\min}})$$

Kondisi 4

$$\phi(V_c + V_{s_{\min}}) \leq V_u \leq \phi(V_c + V_{s_{\max}})$$

Kondisi 5

$$\phi(V_c + V_{s_{\min}}) \leq V_u \leq \phi(V_c + 2V_{s_{\max}})$$

Kontrol :

Kondisi 4

$$\phi(V_c + V_{s_{\min}}) \leq V_u \leq \phi(V_c + V_{s_{\max}})$$

$$0,75(44182,953 + 16133,3) \leq 50005,0048 \leq$$

$$0,75(44182,953 + 88365,906)$$

$$45237,2 \leq 50005,0048 \leq 99411,6$$

Maka :

Penulangan Geser Pada Kondisi 4

Tulangan geser :

$$V_u = \Phi \cdot V_n$$

$$(SNI 03-2847-2002 \text{ pasal } 13.1.1)$$

$$V_u = \Phi \cdot V_c + \Phi \cdot V_s$$

$$\Phi \cdot V_s = V_u - \Phi \cdot V_c$$

$$\begin{aligned}
 V_s &= \frac{V_u - (\Phi \times V_c)}{\Phi} \\
 &= \frac{50005,0048 - (0,75 \times 44182,953)}{0,75} \\
 &= 22490,4\text{N}
 \end{aligned}$$

Luasan tulangan geser :

$$\begin{aligned}
 A_v &= \frac{V_s \times S}{f_y \times d} \\
 &= \frac{A_v}{S} = \frac{V_s}{f_y \times d} = \frac{22490,4}{240 \times 242} \\
 &= 0,38723\text{mm}^2/\text{mm}
 \end{aligned}$$

Spasi maksimum adalah

$$\begin{aligned}
 S_{\max} &= \frac{d}{2} \leq 600\text{mm} \\
 &= \frac{242}{2} \leq 600\text{mm} \\
 &= 121\text{mm}
 \end{aligned}$$

Digunakan sengkang 2 kaki :

$$\emptyset = 10\text{mm}$$

$$\begin{aligned}
 A_v &= 2 \times A_s \\
 &= 2 \times 0,25 \times \pi \times (10\text{mm})^2 \\
 &= 157,08\text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Luasan tulangan geser :

$$\begin{aligned}
 \frac{A_{\text{tot}}}{S} &= \frac{A_v}{S} + 2 \frac{A_t}{S} \\
 &= 0,38723 + 0 \\
 &= 0,38723
 \end{aligned}$$

Maka didapatkan nilai :

$$\begin{aligned}
 S_{\text{Perlu}} &= \frac{A_v}{A_{\text{tot}}/S} \\
 &= \frac{157,08}{0,38723} \\
 &= 405,443\text{mm}
 \end{aligned}$$

Cek Spasi Tulangan Geser

$$S_{\text{rencana}} = 60\text{mm}$$

$$\text{Syarat} =$$

(SNI 03-2847-2002 psl 23.10.4)

$$S_{\text{pakai}} \leq S_{\text{perlu}}$$

$$S_{\text{pakai}} \leq d/4 \text{ pada daerah tumpuan}$$

$$S_{\text{pakai}} \leq 8 D_{\text{lentur}}$$

$$S_{\text{pakai}} \leq 24 \phi_{\text{geser}}$$

$$S_{\text{pakai}} \leq 300\text{mm}$$

Kontrol :

$$60\text{mm} \leq 405,443\text{mm} \quad (\text{memenuhi})$$

$$60\text{mm} \leq 60,5\text{mm} \quad (\text{memenuhi})$$

$$60\text{mm} \leq 128\text{mm} \quad (\text{memenuhi})$$

$$60\text{mm} \leq 240\text{mm} \quad (\text{memenuhi})$$

$$60\text{mm} \leq 300\text{mm} \quad (\text{memenuhi})$$

Maka :

- Dipasang $\phi 10$ -60mm (dengan sengkang 2 kaki)
- Sengkang pertama dipasang $\leq 50\text{mm}$ dari muka kolom

(SNI 03-2847-2002 psl 23.10.4)(2)

Wilayah 2

$$\begin{aligned}
 Vu_2 &= \frac{Vu_1 \times \left(\frac{1}{2} Ln - 2h \right)}{\frac{1}{2} Ln} \\
 &= \frac{50005,0048 \times \left(\frac{1}{2} 5700 - 600 \right)}{\frac{1}{2} \times 5700} \\
 &= 39477,6354N
 \end{aligned}$$

Cek kondisi :

Syarat :

Kondisi 1

$$Vu \leq 0,5 \times \phi \times Vc$$

Kondisi 2

$$0,5 \times \phi \times Vc \leq Vu \leq \phi \times Vc$$

Kondisi 3

$$\phi \times Vc < Vu \leq \phi(Vc + Vs_{\min})$$

Kondisi 4

$$\phi(Vc + Vs_{\min}) \leq Vu \leq \phi(Vc + Vs_{\max})$$

Kondisi 5

$$\phi(Vc + Vs_{\min}) \leq Vu \leq \phi(Vc + 2Vs_{\max})$$

Kontrol :

Kondisi 3

$$\phi \times Vc < Vu \leq \phi(Vc + Vs_{\min})$$

$$0,75(44182,953) \leq 39477,6354 \leq$$

$$0,75(44182,953 + 16133,3)$$

$$33137,21473 \leq 39477,6354 \leq 45237,2147$$

Maka :

Penulangan Geser Pada Kondisi 3

Luasan tulangan geser :

$$A_v = \frac{V_s \times s}{f_y \times d}$$

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_{s_{\min}}}{f_y \times d}$$

$$= \frac{16133,3}{240 \times 242}$$

$$= 0,27778 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Spasi maksimum adalah

$$S_{\max} = \frac{d}{2} \leq 600 \text{ mm}$$

$$= \frac{242}{2} \leq 600 \text{ mm}$$

$$= 121 \text{ mm}$$

Digunakan sengkang 2 kaki :

$$\emptyset = 10 \text{ mm}$$

$$A_v = 2 \times A_s$$

$$= 2 \times 0,25 \times \pi \times (10 \text{ mm})^2$$

$$= 157,08 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan geser :

$$\frac{A_{\text{tot}}}{S} = \frac{A_v}{S} + 2 \frac{A_t}{S}$$

$$= 0,27778 + 0$$

$$= 0,27778$$

Maka didapatkan nilai :

$$S_{\text{Perlu}} = \frac{A_v}{A_{\text{tot}}/S}$$

$$= \frac{157,08}{0,27778}$$

$$= 565,2 \text{ mm}$$

Cek Spasi Tulangan Geser

$$S_{rencana} = 60\text{mm}$$

$$\text{Syarat} =$$

(SNI 03-2847-2002 psl 23.10.4)

$$S_{pakai} \leq S_{perlu}$$

$$S_{pakai} \leq d/4 \text{ pada daerah tumpuan}$$

$$S_{pakai} \leq 8 D_{lentur}$$

$$S_{pakai} \leq 24 \phi_{geser}$$

$$S_{pakai} \leq 300\text{mm}$$

Kontrol :

$$60\text{mm} \leq 565,2\text{mm} \quad (\text{memenuhi})$$

$$60\text{mm} \leq 60,5\text{mm} \quad (\text{memenuhi})$$

$$60\text{mm} \leq 128\text{mm} \quad (\text{memenuhi})$$

$$60\text{mm} \leq 240\text{mm} \quad (\text{memenuhi})$$

$$60\text{mm} \leq 300\text{mm} \quad (\text{memenuhi})$$

Maka :

- Dipasang $\phi 10$ -60mm (dengan sengkang 2 kaki)
- Sengkang pertama dipasang $\leq 50\text{mm}$ dari muka kolom

(SNI 03-2847-2002 psl 23.10.4)(2)

Wilayah 3

$$V_{u_3} = \frac{V_{u_1} \times \left(\frac{1}{4} L_x \right)}{\frac{1}{2} L_n}$$

$$= \frac{50005,0048 \times \left(\frac{1}{4} \times 6000 \right)}{\frac{1}{2} 5700}$$

$$V_{u_3} = 26318,4236\text{N}$$

Cek kondisi :

Syarat :

Kondisi 1

$$V_u \leq 0,5 \times \phi \times V_c$$

Kondisi 2

$$0,5 \times \phi \times V_c \leq V_u \leq \phi \times V_c$$

Kondisi 3

$$\phi \times V_c < V_u \leq \phi(V_c + V_{s_{\min}})$$

Kondisi 4

$$\phi(V_c + V_{s_{\min}}) \leq V_u \leq \phi(V_c + V_{s_{\max}})$$

Kondisi 5

$$\phi(V_c + V_{s_{\min}}) \leq V_u \leq \phi(V_c + 2V_{s_{\max}})$$

Kontrol :

Kondisi 2

$$V_u \leq \phi V_c$$

$$26318,4236 \leq 0,75(44182,953)$$

$$26318,4236 \leq 33137,2147$$

Maka :

Penulangan Geser Pada Kondisi 2

Luasan tulangan geser :

$$A_v = \frac{V_s \times s}{f_y \times d}$$

$$\begin{aligned} \frac{A_v}{s} &= \frac{V_{s_{\min}}}{f_y \times d} \\ &= \frac{16133,3}{240 \times 242} \\ &= 0,27778 \text{ mm}^2/\text{mm} \end{aligned}$$

Spasi maksimum adalah

$$\begin{aligned} S_{\max} &= \frac{d}{2} \leq 600\text{mm} \\ &= \frac{242}{2} \leq 600\text{mm} \\ &= 121\text{mm} \end{aligned}$$

Digunakan sengkang 2 kaki :

$$\emptyset = 10\text{mm}$$

$$\begin{aligned} A_v &= 2 \times A_s \\ &= 2 \times 0,25 \times \pi \times (10\text{mm})^2 \\ &= 157,08 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan tulangan geser :

$$\begin{aligned} \frac{A_{\text{tot}}}{S} &= \frac{A_v}{S} + 2 \frac{A_t}{S} \\ &= 0,27778 + 0 \\ &= 0,27778 \end{aligned}$$

Maka didapatkan nilai :

$$\begin{aligned} S_{\text{Perlu}} &= \frac{A_v}{A_{\text{tot}}/S} \\ &= \frac{157,08}{0,27778} \\ &= 565,2\text{mm} \end{aligned}$$

Cek Spasi Tulangan Geser

$$S_{\text{rencana}} = 120\text{mm}$$

$$\text{Syarat} =$$

(SNI 03-2847-2002 psl 23.10.4)

$$S_{\text{pakai}} \leq S_{\text{perlu}}$$

$$S_{\text{pakai}} \leq 8 D_{\text{lentur}}$$

$$S_{\text{pakai}} \leq 24 \emptyset_{\text{geser}}$$

$$S_{\text{pakai}} \leq 300\text{mm}$$

Kontrol :

120mm	$\leq 565,2\text{mm}$	(memenuhi)
120mm	$\leq 128\text{mm}$	(memenuhi)
120mm	$\leq 240\text{mm}$	(memenuhi)
120mm	$\leq 300\text{mm}$	(memenuhi)

Maka :

- Dipasang $\phi 10\text{-}120\text{mm}$ (dengan sengkang 2 kaki)
- Sengkang pertama dipasang $\leq 50\text{mm}$ dari muka kolom

(SNI 03-2847-2002 psl.23.10.4)(2)

6. Panjang Penyaluran Tulangan

Gaya tarik dan tekan pada tulangan di setiap penampang komponen struktur beton bertulang harus disalurkan pada masing-masing sisi penampang melalui penyaluran tulangan. Adapun perhitungan penyaluran tulangan berdasarkan SNI 03-2847-2002 psl.14.

Penyaluran Tulangan Dalam Kondisi Tarik

Penyaluran tulangan dalam kondisi tarik dihitung berdasarkan SNI 03-2847-2002 psl.14.2.

Panjang penyaluran tidak boleh kurang dari 300mm
(SNI 03-2847-2002 psl.14.2.1)

λ_d = panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tarik

d_b = diameter tulangan

α = faktor lokasi penulangan = 1

β = faktor pelapis = 1

(SNI 03-2847-2002 psl.14.2.4)

λ = faktor digunakannya agregat ringan = 1

(SNI 03-2847-2002 psl.14.2.4)

$$\frac{\lambda_d}{db} = \frac{12 \times f_y \times \alpha \times \beta \times \lambda}{25 \times \sqrt{f_c'}} \geq 300 \text{ mm}$$

(SNI 03-2847-2002 psl.14.2.2)

$$\begin{aligned} \lambda_d &= \frac{12 \times f_y \times \alpha \times \beta \times \lambda \times db}{25 \times \sqrt{f_c'}} \geq 300 \text{ mm} \\ &= \frac{12 \times 400 \times 1 \times 1 \times 1 \times 16}{25 \times \sqrt{30}} \geq 300 \text{ mm} \\ &= 560,8678989 \text{ mm} \geq 300 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \lambda_{\text{reduksi}} &= \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{A_{s_{\text{pasang}}}} \times \lambda_d \\ &= \frac{508,0895}{602,88} \times 560,8678989 \\ &= 472,6829466 \text{ mm} \end{aligned}$$

(SNI 03-2847-2002 psl.14.2.5)

Maka panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tarik 470mm

Penyaluran Tulangan Berkait Dalam Kondisi Tarik

Penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik dihitung berdasarkan SNI 03-2847-2002 psl.14.5.

- Panjang penyaluran tidak boleh kurang dari 150mm
(SNI 03-2847-2002 psl.14.5.1)
- Berdasarkan **SNI 03-2847-2002 psl.14.5.2** panjang penyaluran dasar untuk suatu batang tulangan tarik pada penampang tepi atau atau yang berakhir dengan kaitan adalah :

$$\begin{aligned}
 \lambda_{hb} &= \frac{100 \times db}{\sqrt{fc'}} \geq 8 \times db \\
 &= \frac{100 \times 16}{\sqrt{30 \text{ Mpa}}} \geq 8 \times 16 \text{ mm} \\
 &= 292,1186973 \text{ mm} \geq 128 \text{ mm} \\
 &\textbf{(SNI 03-2847-2002 psl.14.5.2)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \lambda_{hb \text{ reduksi}} &= F \text{ modifikasi} \times \lambda_{hb} \leq 150 \text{ mm} \\
 &= \frac{A_{s_{\text{Perlu}}}}{A_{s_{\text{Pasang}}}} \times \lambda_{hb} \geq 150 \text{ mm} \\
 &= \frac{508,0895}{602,88} \times 292,1186973 \geq 150 \text{ mm} \\
 &= 246,1890347 \text{ mm} \geq 150 \text{ mm} \\
 &\textbf{(SNI 03-2847-2002 psl.14.5.3)(2)}
 \end{aligned}$$

- Maka panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik 250mm

Penyaluran Tulangan Dalam Kondisi Tekan

Penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tekandihitung berdasarkan SNI 03-2847-2002 psl.14.3.

- Panjang penyaluran tidak boleh kurang dari 200mm
(SNI 03-2847-2002 psl.14.3.1)

$$\begin{aligned}
 \lambda_{db} &= \frac{d_b \times fy}{4\sqrt{fc'}} \geq 0,04 \times d_b \times fy \\
 &= \frac{16 \times 400}{4\sqrt{30}} \geq 0,04 \times 16 \times 400 \\
 &= 292,1186973 \text{ mm} \geq 256 \text{ mm} \\
 &\textbf{(SNI 03-2847-2002 psl.14.3.2)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \lambda_{db \text{ reduksi}} &= F \text{ modifikasi} \times \lambda_{db} \leq 200\text{mm} \\
 &= \frac{A_{s_{\text{Perlu}}}}{A_{s_{\text{Pasang}}}} \times \lambda_{db} \geq 200\text{mm} \\
 &= \frac{508,0895}{602,88} \times 292,1186973 \geq 200\text{mm} \\
 &= 184,641776\text{mm} \geq 200\text{mm}
 \end{aligned}$$

(SNI 03-2847-2002 psl.14.3.3)(2)

- Maka panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik 185mm

Kontrol Retak

(SNI 03-2847-2002 psl.12.6)

$$\begin{aligned}
 Z &= f_s \sqrt[3]{d_c A} \\
 &\leq 30\text{MN/m untuk struktur di dalam ruangan} \\
 &\leq 25\text{MN/m untuk penampang yang dipengaruhi} \\
 &\text{cuaca luar}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d_c &= \text{decking} + 0,5 \varnothing \text{ tulangan} \\
 &= 40 + (0,5 \times 16) \\
 &= 48\text{mm}
 \end{aligned}$$

$$A = \frac{2d_c \times b_w}{n}; \text{ dengan } n \text{ adalah jumlah tulangan}$$

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{2 \times 48 \times 200}{3} \\
 &= 6400\text{mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z &= 0,6 \times 400 \times \sqrt[3]{(48 \times 6400)} \\
 &= 16193,91\text{N/mm} \\
 &= 16,19391\text{MN/mm} \leq 30\text{MN/m (OKE)}
 \end{aligned}$$

Sebagai alternatif terhadap perhitungan nilai z , dapat dilakukan perhitungan lebar retak yang diberikan oleh :

$$\begin{aligned} W &= 11 \times 10^{-6} \times \beta \times f_s^3 \sqrt{d_c A} \\ &= 11 \times 10^{-6} \times 0,85 \times 0,6 \times 400^3 \sqrt{48 \times 6400} \\ &= 0,151413 \text{ mm} \end{aligned}$$

Nilai lebar retak yang diperoleh tidak boleh melebihi 0,4mm untuk penampang didalam ruangan dan 0,3mm untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar, dimana $\beta = 0,85$ untuk $f_c' \leq 30 \text{ Mpa}$

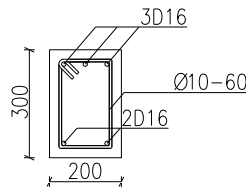
Gambar Penulangan Balok

Panjang kait ditentukan sejarak

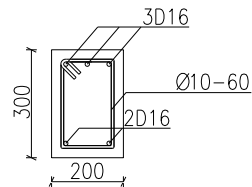
$$6d = 6 \times 10 \text{ mm}$$

$$= 60 \text{ mm}$$

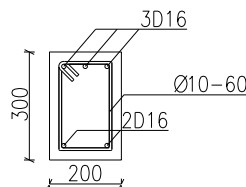
(PBB 1971, Bab 8.2)



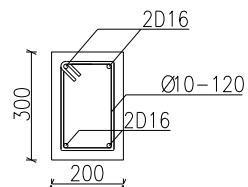
TUMPUAN KANAN



TUMPUAN KIRI

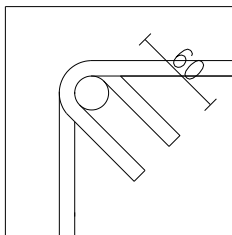


TUMPUAN WILAYAH 2



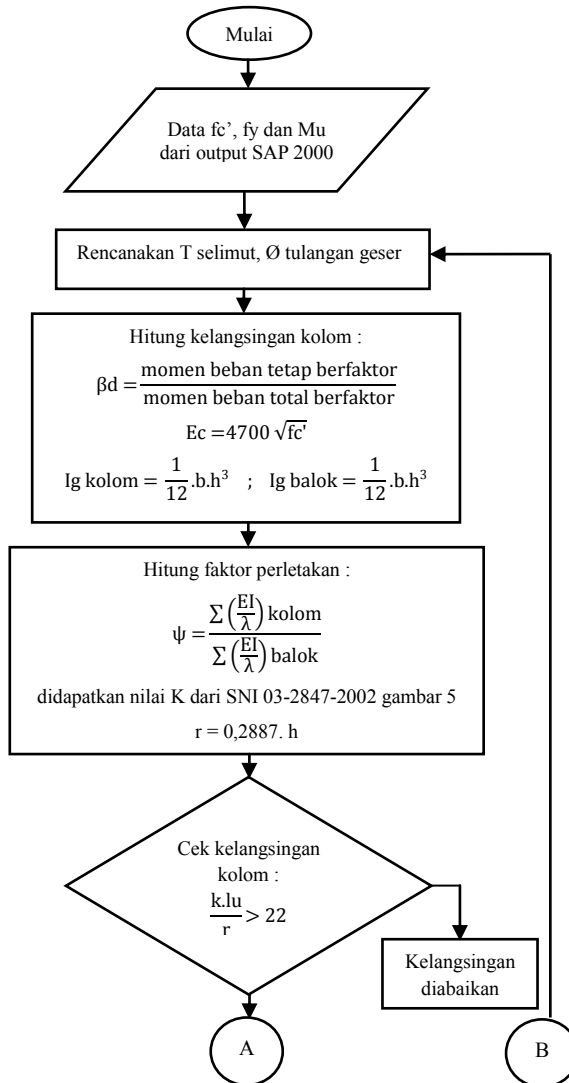
LAPANGAN

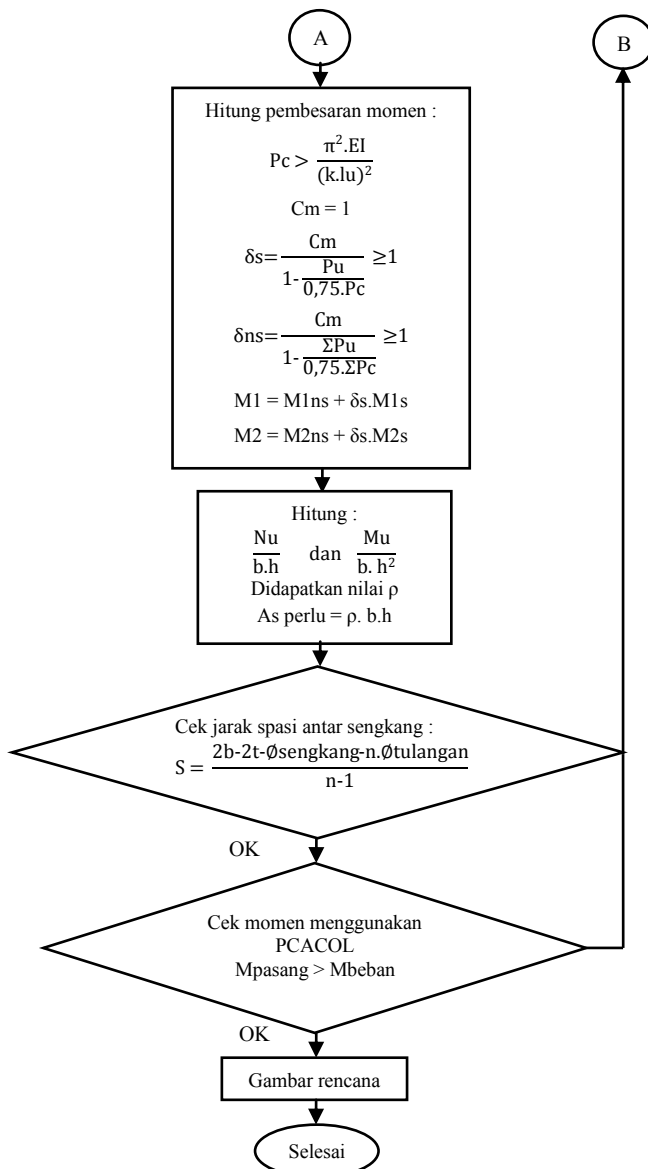
Gambar 4.90 Sketsa Penampang Balok Anak 30-50 AsE-F/6'



Gambar4.91 Sketsa Pembengkokan Tulangan Pada Tulangan Geser

4.6 Perencanaan Kolom



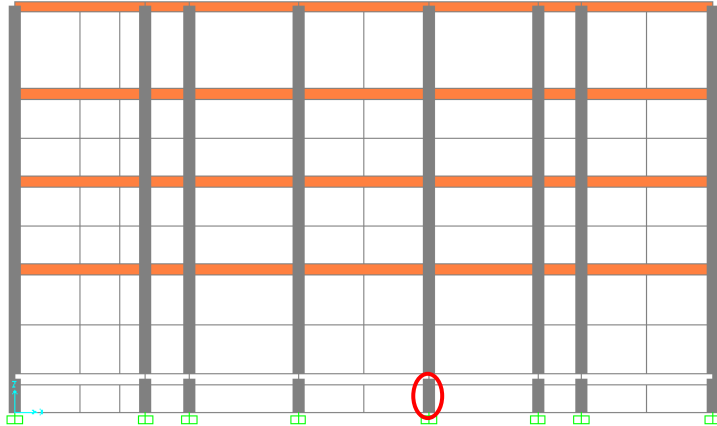


Gambar 4.92 Diagram Alir Penulangan Lentur Kolom

Ada 2 tipe kolom yang digunakan dalam Perencanaan Struktur Gedung Perpustakaan UPN Veteran Surabaya yaitu : **K1** (50x50) , berikut analisis perhitungannya :

4.6.1 Perhitungan Kolom 50 X 50 (K1)

a. Penulangan Lentur



Gambar 4.93 Posisi Kolom As F-6

Sebagai contoh dalam perhitungan diambil kolom K1-1 (Elv. -1.50 - 0.00), frame 144 , As F-6.

Adapun data perencanaan :

Bentang kolom = 1500 mm

Dimensi kolom : b = 500 mm

h = 500 mm

Diameter tulangan lentur = 22 mm

Diameter tulangan geser = 12 mm

Tebal selimut (t selimut) = 40 mm

(SNI 03-2847-2002 pasal 9.7.1)

Faktor β_1 = 0,85

(SNI 03-2847-2002 pasal 12.2.7(3))

Faktor reduksi kekuatan lentur (ϕ) = 0,65

(SNI 03-2487-2002 pasal 11.2.2 (b))Faktor reduksi kekuatan geser (ϕ) = 0,75**(SNI 03-2847-2002 pasal 11.3.2(3))**

Mutu bahan = 30 MPa

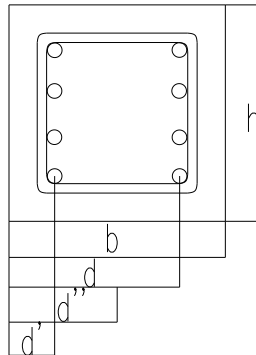
Kuat tekan beton (f_c') = 400 MPaKuat leleh tulangan lentur (f_{y1}) = 240 MPa

Maka, tinggi efektif kolom :

$$\begin{aligned} d &= b - \text{decking} - D_{\text{senggang}} - \frac{1}{2} D_{\text{lentur}} \\ &= 500 - 40 - 12 - \frac{1}{2} \cdot 22 \\ &= 437 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d' &= \text{decking} + D_{\text{senggang}} + \frac{1}{2} D_{\text{lentur}} \\ &= 40 + 12 + \frac{1}{2} \cdot 22 \\ &= 63 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d'' &= b - \text{decking} - D_{\text{senggang}} - \frac{1}{2} D_{\text{lentur}} - \frac{1}{2} b \\ &= 500 - 40 - 12 - \frac{1}{2} \cdot 22 - \frac{1}{2} \cdot 500 \\ &= 187 \text{ mm} \end{aligned}$$



Gambar 4.94 Peninjauan Kolom

Berdasarkan hasil output program SAP 2000, maka diperoleh hasil gaya-gaya aksial dalam arah x dan y pada kolom sebagai berikut :

Gaya aksial akibat (1,2D)

$$P_u = 1.092.324,90 \text{ N}$$

Gaya aksial akibat (1,2D + 1LL)

$$P_u = 1.450.880,80 \text{ N}$$

Syarat Gaya Aksial Pada Kolom

Gaya aksial terfaktor maksimum yang bekerja pada komponen struktur kolom tidak kurang dari $A_g \cdot f_c' / 10$ dan SNI 03-2487-2002 pasal 23.10(5) harus dipenuhi kecuali bila dipasang tulangan spiral harus sesuai persamaan 27.

$$\frac{A_g \cdot f_c'}{10} \leq P_u$$

$$\frac{500.500.30}{10} \leq 1450880,80$$

$$\frac{500.500.30}{10} \leq 1450880,80$$

$$750000 \text{ N} \leq 1450880,80 \text{ N (memenuhi)}$$

Kontrol Kelangsingan Kolom

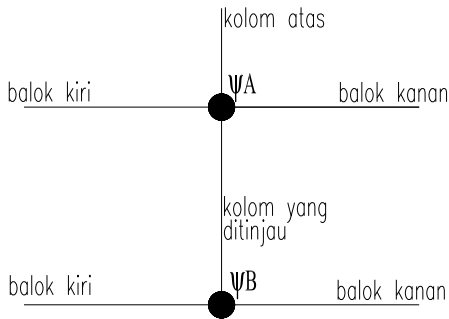
β_d = rasio beban aksial tetap terfaktor maksimum terhadap rasio beban aksial total terfaktor maksimum

$$\begin{aligned} \beta_d &= \frac{P_u(1,2D)}{P_u(1,2D + 1LL)} \\ &= \frac{1092324,90}{1450880,80} = 0,752 \end{aligned}$$

Panjang Tekuk Kolom

$$\Psi = \frac{\sum \left(\frac{EI}{L} \right)_{\text{KOLOM}}}{\sum \left(\frac{EI}{L} \right)_{\text{BALOK}}}$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 12.11.6)



Gambar 4.95 Panjang Tekuk Kolom

Untuk kolom

$$EI_k = \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta_d}$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 12.12.3)

$$\begin{aligned} I_g &= 0,7 \times \frac{1}{12} \times b \times h^3 \\ &= 0,7 \times \frac{1}{12} \times 500 \times 500^3 \\ &= 3645833333 \text{ mm}^4 \\ E_c &= 4700 \sqrt{f'c} \\ &= 4700 \sqrt{30} \\ &= 25742,96 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$EI_k = \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta_d}$$

$$\begin{aligned}
 E_{lk} &= \frac{0,4 \times 25742,96 \times 3645833333}{1 + 0,752} \\
 &= 21417339702339 \text{ Nmm}^2
 \end{aligned}$$

Untuk balok

$$EI_b = \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta d}$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 12.12.3)

$$\begin{aligned}
 I_{g1} &= 0,35 \times \frac{1}{12} \times b \times h^3 \\
 &= 0,35 \times \frac{1}{12} \times 300 \times 500^3 \\
 &= 1093750000 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_c &= 4700\sqrt{f_c'} \\
 &= 4700\sqrt{30} \\
 &= 25742,96 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$EI_b = \frac{0,4 \times E_c \times I_{g1}}{1 + \beta d}$$

$$\begin{aligned}
 E_{lb} &= \frac{0,4 \times 25742,96 \times 1093750000}{1 + 0,752} \\
 &= 6425201910702 \text{ Nmm}^2
 \end{aligned}$$

➤ **Peninjauan Kolom Akibat Momen X**
Kolom atas

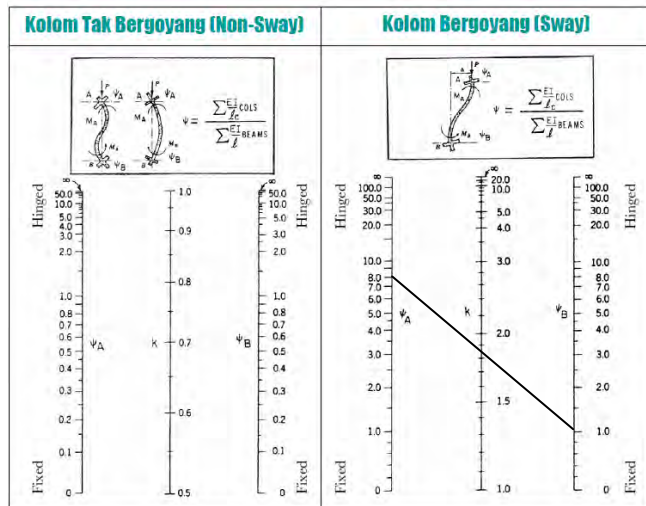
$$\Psi_A = \frac{\sum \left(\frac{EI}{\lambda} \right)_{\text{KOLOM}}}{\sum \left(\frac{EI}{\lambda} \right)_{\text{BALOK}}}$$

$$\begin{aligned}
 \Psi_A &= \frac{(2,14 \times 10^{13} / 5000) + (2,14 \times 10^{13} / 1500)}{(0,65 \times 10^{13} / 6000) + (0,65 \times 10^{13} / 5000)} \\
 &= 7,878
 \end{aligned}$$

Kolom bawah

$$\Psi_B = \frac{\sum \left(\frac{EI}{\lambda} \right)_{\text{KOLOM}}}{\sum \left(\frac{EI}{\lambda} \right)_{\text{BALOK}}}$$

$\Psi_B = 1$ (karena menumpu pada pondasi)



Dari grafik aligment didapat $K=1,74$

$$\begin{aligned}
 r &= \sqrt{\frac{I}{A}} \\
 &= \sqrt{\frac{364583333}{500 \times 500}} \\
 &= 120,76
 \end{aligned}$$

Kontrol kelangsingan
(SNI 03-2847-2002 pasal 12.13.2)

$$\frac{k \times \lambda_U}{r} \leq 22$$

$$\frac{1,74 \times 1500}{120,76} \leq 22$$

21,6 ≤ 22 maka bukan kolom langsing

- Momen akibat pengaruh beban gravitasi
(SNI 03-2847-2002)

M_{1ns} = adalah nilai yang lebih kecil dari momen- momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan ke samping

M_{2ns} = adalah nilai yang lebih besar dari momen- momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan ke samping

Akibat Combo 1,2DL + 1LL

$$M_{1ns} = 869994,75 \text{ N.mm}$$

$$M_{2ns} = 1264855,16 \text{ N.mm}$$

Menghitung Nilai P_c (P kritis) Pada Kolom

$$P_c = \frac{\pi^2 \cdot EI}{(k \cdot l_u)^2}$$

$$P_c = \frac{\pi^2 \cdot 2,14 \cdot 10^{13}}{(1,74 \cdot 1500)^2}$$

$$P_c = 31.005.054,86 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 \Sigma P_c &= 40 \cdot P_c \\
 &= 40 \cdot 31005054,86 \text{ N} \\
 &= 1.240.202.194 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Menghitung Faktor C_m

(SNI 03-2847-2002 pasal 12.12.3(1))

Karena merupakan kolom dengan beban transversal di antara tumpuannya, maka nilai faktor C_m diambil sebesar 1 (satu)

Menghitung Faktor Pembesaran Momen (δ_{ns})

(SNI 03-2847-2002 pasal 12.12.3)

$$\delta_{ns} = \frac{C_m}{1 - \frac{\Sigma P_u}{0,75 \cdot \Sigma P_c}} \geq 1$$

$$\delta_{ns} = \frac{1}{1 - \frac{58.035.232}{0,75 \cdot 1.240.202.194}} \geq 1$$

$$\delta_{ns} = 1,07 \geq 1$$

Momen Terfaktor

(SNI 03-2847-2002 pasal 12.12.3)

$$M_2 = 1264855,16 \text{ Nmm}$$

$$M_{2min} = P_u(15 + 0,03 \cdot h)$$

$$= 1450880,80 (15 + 0,03 \cdot 500)$$

$$= 43526424 \text{ Nmm}$$

$$M_{2min} < M_2$$

$$43526424 < 1264855,16$$

Maka diambil nilai $M_{2min} = 43526424 \text{ Nmm}$

$$\begin{aligned}
 M_C &= \delta_{ns} \cdot M_2 \\
 &= 1,07 \cdot 43526424 \\
 &= 46573273,68 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{\phi P_u}{b \cdot h} &= \frac{0,65 \times 1450880,80}{500 \times 500} = 3,77 \text{ N/mm}^2 \\
 \frac{\phi M_u}{b \cdot h^2} &= \frac{0,65 \times 46573273,68}{500 \times 500^2} = 0,24 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Dari diagram interaksi didapatkan tulangan minimum $\rho_t = 0,01$

$$\begin{aligned}
 A_{st} &= \rho_t \cdot b \cdot h \\
 &= 0,01 \cdot 500 \cdot 500 = 2500 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luasan tulangan D22} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\
 &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 22^2 \\
 &= 380,13 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

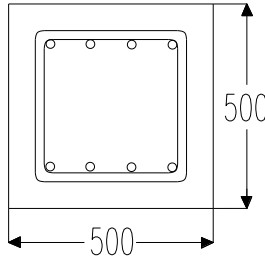
$$\begin{aligned}
 n &= \frac{A_{st}}{\text{LuasanD}_{22}} \\
 n &= \frac{2500}{380,13} \\
 n &= 6,57 \text{ buah} \approx 7 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Prosentase Tulangan Pasang

$$\begin{aligned}
 \% &= \frac{\text{LuasTulanganPasang}}{\text{LuasBrutoKolom}(A_g)} \\
 &= \frac{12 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 22^2}{500 \cdot 500} \\
 &= 1,86 \%
 \end{aligned}$$

Maka direncanakan penulangan kolom untuk peninjauan momen Arah X menggunakan tulangan

sebesar 8D22 yang dipasang pada sisi atas dan bawah penampang kolom.



Gambar 4.96 Penampang Kolom dalam Arah X

Kontrol jarak spasi tulangan arah X :

$$S_{\max} = \frac{b - (2 \cdot t_{\text{selimut}}) - (2 \cdot \emptyset_{\text{geser}}) - (n \emptyset_{\text{lentur}})}{n \cdot \text{tulangan} - 1}$$

$$S_{\max} = \frac{500 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 12) - (8 \cdot 22)}{7 - 1}$$

$$S_{\max} = 31 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \quad (\text{memenuhi})$$

Jadi dipasang tulangan kolom dalam arah X 8D22

Cek Kondisi Balance

$$\begin{aligned} e_{\min} &= (15 + 0,03 \cdot h) \\ &= (15 + 0,03 \cdot 500) \\ &= 30 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$Xb = \frac{600}{600 + f_y} \cdot d$$

$$Xb = \frac{600}{600 + 400} \cdot 437$$

$$Xb = 262,2 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 ab &= \beta l \cdot Xb \\
 &= 0,85 \cdot 262,2 \\
 &= 222,87 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 As' &= \frac{n}{2} \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot D^2 \\
 &= \frac{8}{2} \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 22^2 \\
 &= 1.519,76 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Cs' &= As' \cdot (fy - 0,85 \cdot fc') \\
 &= 1519,76 \cdot (400 - 0,85 \cdot 30) \\
 &= 569.150,12 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Cc' &= 0,85 \cdot fc' \cdot b \cdot \beta l \cdot Xb \\
 &= 0,85 \cdot 30 \cdot 500 \cdot 0,85 \cdot 262,2 \\
 &= 2.841.593 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T &= As \cdot fy \\
 &= 1519,76 \cdot 400 \\
 &= 607.904 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Pb &= Cc' + Cs' - T \\
 &= 2.841.593 + 569.150,12 - 607.904 \\
 &= 2.802.838,62 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mb &= Pb \cdot eb \\
 &= Cc' \left(d - d'' - \frac{ab}{2} \right) + Cs' (d - d'' - d') + T \cdot d \\
 &= 2841593 \left(437 - 187 - \frac{222,87}{2} \right) \\
 &\quad + 569150,12 (437 - 187 - 63) + 607904 \cdot 437 \\
 &= 765.830.385 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$e_b = \frac{M_b}{P_b}$$

$$e_b = \frac{765830385}{2802838,62}$$

$$e_b = 273,23 \text{ mm}$$

$$e_{\text{perlu}} = \frac{M_u}{P_u}$$

$$e_{\text{perlu}} = \frac{46573273,68}{1450880,80}$$

$$e_{\text{perlu}} = 32,1 \text{ mm}$$

Kontrol Kondisi :

$$e_{\min} < e_{\text{perlu}} < e_{\text{balanced}}$$

$$30 \text{ mm} < 32,1 \text{ mm} < 273,23 \text{ mm}$$

Maka termasuk dalam kolom tekan menentukan

Cek Kondisi Tekan Menentukan

$$e_{\text{perlu}} < e_{\text{balanced}}$$

$$32,1 \text{ mm} < 273,23 \text{ mm} \text{ (**memenuhi**)}$$

Direncanakan $X = 270 \text{ mm}$

$$\epsilon_s < \epsilon_y \longrightarrow f_s < f_y$$

$$\epsilon_s = \left(\frac{d}{x} - 1 \right) \cdot 0,003$$

$$\epsilon_s = \left(\frac{437}{270} - 1 \right) \cdot 0,003$$

$$\epsilon_s = 0,00186$$

$$f_s = \epsilon_s \cdot E_s = 0,00186 \cdot 200000 = 371 \text{ MPa}$$

$$f_s = 371 \text{ MPa} < f_y = 400 \text{ MPa} \text{ (**memenuhi**)}$$

$$\begin{aligned}
 Cs' &= As' \cdot (fy - 0,85 \cdot fc') \\
 &= 1519,76 \cdot (400 - 0,85 \cdot 30) \\
 &= 569.150,12 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Cc' &= 0,85 \cdot fc' \cdot b \cdot \beta_1 \cdot X \\
 &= 0,85 \cdot 30 \cdot 500 \cdot 0,85 \cdot 270 \\
 &= 2.926.125 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T &= As \cdot \left(\frac{d}{x} - 1 \right) \cdot 600 \\
 &= 1519,76 \cdot \left(\frac{437}{270} - 1 \right) \cdot 600 \\
 &= 563.999,82 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P &= Cc' + Cs' - T \\
 &= 2.926.125 + 569.150,12 - 563.999,82 \\
 &= 2.931.275,3 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P &> Pb \\
 2.931.275,3 \text{ N} &> 2.802.838,62 \text{ N} \quad \textbf{(memenuhi)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mn &= P \cdot e \\
 &= Cc' \left(d - d'' - \frac{ab}{2} \right) + Cs'(d - d'' - d') + T \cdot d \\
 &= 2926125 \left(437 - 187 - \frac{222,87}{2} \right) \\
 &\quad + 569150,12 (437 - 187 - 63) + 563999,82 \cdot 437 \\
 &= 607.657.445,4 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned}
 \phi Mn &> Mu \\
 0,65 \cdot 607.657.445,4 \text{ Nmm} &> 46.573.273,68 \text{ Nmm} \\
 394.977.339,5 \text{ Nmm} &> 46.573.273,68 \text{ Nmm} \\
 \textbf{(memenuhi)}
 \end{aligned}$$

➤ Peninjauan Kolom Akibat Momen Y

Kolom atas

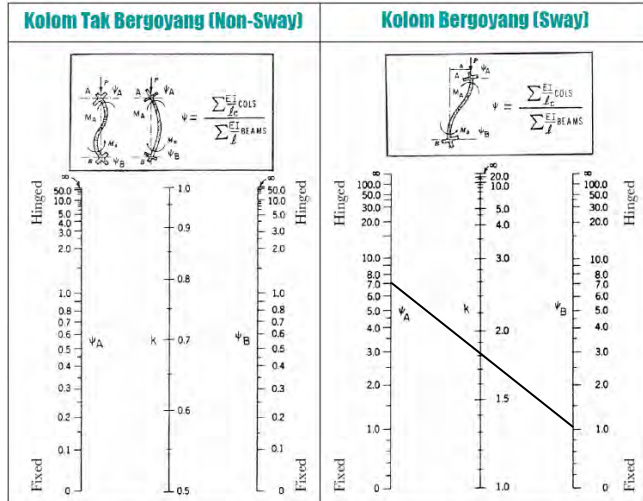
$$\Psi_A = \frac{\sum \left(\frac{EI}{\lambda} \right)_{\text{KOLOM}}}{\sum \left(\frac{EI}{\lambda} \right)_{\text{BALOK}}}$$

$$\Psi_A = \frac{(2,14 \times 10^{13} / 5000) + (2,14 \times 10^{13} / 1500)}{(0,65 \times 10^{13} / 6000) + (0,65 \times 10^{13} / 4000)} = 6,933$$

Kolom bawah

$$\Psi_B = \frac{\sum \left(\frac{EI}{\lambda} \right)_{\text{KOLOM}}}{\sum \left(\frac{EI}{\lambda} \right)_{\text{BALOK}}}$$

$\Psi_B = 1$ (karena menumpu pada pondasi)



Dari grafik alignment didapat $K=1,64$

$$\begin{aligned} r &= \sqrt{\frac{I}{A}} \\ &= \sqrt{\frac{364583333}{500 \times 500}} \\ &= 120,76 \end{aligned}$$

Kontrol kelangsingan

(SNI 03-2847-2002 pasal 12.13.2)

$$\begin{aligned} \frac{k \times \lambda_U}{r} &\leq 22 \\ \frac{1,64 \times 1500}{120,76} &\leq 22 \end{aligned}$$

$20,37 \leq 22$ maka bukan kolom langsing

- Momen akibat pengaruh beban gravitasi
(SNI 03-2847-2002)

M_{1ns} = adalah nilai yang lebih kecil dari momen- momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan ke samping

M_{2ns} = adalah nilai yang lebih besar dari momen- momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan ke samping

Akibat Combo 1,2DL + 1LL

$$M_{1ns} = 1669928,70 \text{ N.mm}$$

$$M_{2ns} = 4168188,40 \text{ N.mm}$$

Menghitung Nilai P_c (P kritis) Pada Kolom

$$P_c = \frac{\pi^2 \cdot EI}{(k \cdot l_u)^2}$$

$$P_c = \frac{\pi^2 \cdot 2,14 \cdot 10^{13}}{(1,74 \cdot 1500)^2}$$

$$P_c = 31.005.054,86 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} \Sigma P_c &= 40 \cdot P_c \\ &= 40 \cdot 31005054,86 \text{ N} \\ &= 1.240.202.194 \text{ N} \end{aligned}$$

Menghitung Faktor C_m

(SNI 03-2847-2002 pasal 12.12.3(1))

Karena merupakan kolom dengan beban transversal di antara tumpuannya, maka nilai faktor C_m diambil sebesar 1 (satu)

Menghitung Faktor Pembesaran Momen (δ_{ns})

(SNI 03-2847-2002 pasal 12.12.3)

$$\delta_{ns} = \frac{C_m}{1 - \frac{\Sigma P_u}{0,75 \cdot \Sigma P_c}} \geq 1$$

$$\delta_{ns} = \frac{1}{1 - \frac{58.035.232}{0,75 \cdot 1.240.202.194}} \geq 1$$

$$\delta_{ns} = 1,07 \geq 1$$

Momen Terfaktor

(SNI 03-2847-2002 pasal 12.12.3)

$$M_2 = 4168188,40 \text{ Nmm}$$

$$M_{2min} = P_u(15 + 0,03 \cdot h)$$

$$= 1450880,80 (15 + 0,03 \cdot 500)$$

$$= 43526424 \text{ Nmm}$$

$$M_{2min} < M_2$$

$$43526424 < 1264855,16$$

Maka diambil nilai $M_{2min} = 43526424 \text{ Nmm}$

$$M_C = \delta_{ns} \cdot M_2$$

$$= 1,07 \cdot 43526424$$

$$= 46573273,68 \text{ Nmm}$$

$$\frac{\phi P_u}{b \cdot h} = \frac{0,65 \times 1450880,80}{500 \times 500} = 3,77 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\phi M_u}{b \cdot h^2} = \frac{0,65 \times 46573273,68}{500 \times 500^2} = 0,24 \text{ N/mm}^2$$

Dari diagram interaksi didapatkan tulangan minimum $\rho_t = 0,01$

$$A_{st} = \rho_t \cdot b \cdot h$$

$$= 0,01 \cdot 500 \cdot 500 = 2500 \text{ mm}^2$$

$$\text{Luasan tulangan D22} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$$

$$= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 22^2$$

$$= 380,13 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_{st}}{\text{Luasan } D_{22}}$$

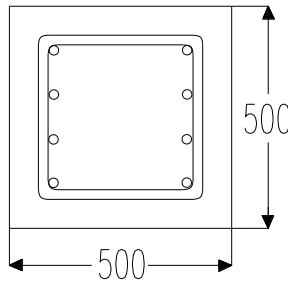
$$n = \frac{2500}{380,13}$$

$$n = 6,57 \text{ buah} \approx 7 \text{ buah}$$

Prosentase Tulangan Pasang

$$\begin{aligned} \% &= \frac{\text{Luas Tulangan Pasang}}{\text{Luas Bruto Kolom} (A_g)} \\ &= \frac{12 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 22^2}{500 \cdot 500} \\ &= 1,86 \% \end{aligned}$$

Maka direncanakan penulangan kolom untuk peninjauan momen Arah Y menggunakan tulangan sebesar 8D22 yang dipasang pada sisi kiri dan kanan penampang kolom.



Gambar 4.97 Penampang Kolom dalam Arah Y

Kontrol jarak spasi tulangan arah Y :

$$\begin{aligned} S_{\max} &= \frac{b - (2 \cdot t_{\text{selimut}}) - (2 \cdot \emptyset_{\text{geser}}) - (n \emptyset_{\text{lentur}})}{n_{\text{tulangan}} - 1} \\ S_{\max} &= \frac{500 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 12) - (8 \cdot 22)}{7 - 1} \\ S_{\max} &= 31 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \quad \textbf{(memenuhi)} \end{aligned}$$

Jadi dipasang tulangan kolom dalam arah Y 8D22

Cek Kondisi Balance

$$\begin{aligned} e_{\min} &= (15 + 0,03 \cdot h) \\ &= (15 + 0,03 \cdot 500) \\ &= 30 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_b &= \frac{600}{600 + f_y} \cdot d \\ X_b &= \frac{600}{600 + 400} \cdot 437 \\ X_b &= 262,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_b &= \beta_1 \cdot X_b \\ &= 0,85 \cdot 262,2 \\ &= 222,87 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s' &= \frac{n}{2} \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot D^2 \\ &= \frac{8}{2} \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 22^2 \\ &= 1.519,76 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_s' &= A_s' \cdot (f_y - 0,85 \cdot f_c') \\ &= 1519,76 \cdot (400 - 0,85 \cdot 30) \\ &= 569.150,12 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_c' &= 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1 \cdot X_b \\ &= 0,85 \cdot 30 \cdot 500 \cdot 0,85 \cdot 262,2 \\ &= 2.841.593 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T &= A_s \cdot f_y \\ &= 1519,76 \cdot 400 \\ &= 607.904 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_b &= C_c' + C_s' - T \\
 &= 2.841.593 + 569.150,12 - 607.904 \\
 &= 2.802.838,62 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_b &= P_b \cdot e_b \\
 &= C_c' \left(d - d'' - \frac{ab}{2} \right) + C_s' (d - d'' - d') + T \cdot d \\
 &= 2841593 \left(437 - 187 - \frac{222,87}{2} \right) \\
 &\quad + 569150,12 (437 - 187 - 63) + 607904 \cdot 437 \\
 &= 765.830.385 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$e_b = \frac{M_b}{P_b}$$

$$e_b = \frac{765830385}{2802838,62}$$

$$e_b = 273,23 \text{ mm}$$

$$e_{\text{perlu}} = \frac{M_u}{P_u}$$

$$e_{\text{perlu}} = \frac{46573273,68}{1450880,80}$$

$$e_{\text{perlu}} = 32,1 \text{ mm}$$

Kontrol Kondisi :

$$e_{\min} < e_{\text{perlu}} < e_{\text{balanced}}$$

$$30 \text{ mm} < 32,1 \text{ mm} < 273,23 \text{ mm}$$

Maka termasuk dalam kolom tekan menentukan

Cek Kondisi Tekan Menentukan

$$e_{\text{perlu}} < e_{\text{balanced}}$$

$$32,1 \text{ mm} < 273,23 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

Direncanakan $X = 270 \text{ mm}$

$$\varepsilon_s < \varepsilon_y \longrightarrow f_s < f_y$$

$$\varepsilon_s = \left(\frac{d}{x} - 1 \right) \cdot 0,003$$

$$\varepsilon_s = \left(\frac{437}{270} - 1 \right) \cdot 0,003$$

$$\varepsilon_s = 0,00186$$

$$f_s = \varepsilon_s \cdot E_s = 0,00186 \cdot 200000 = 371 \text{ MPa}$$

$$f_s = 371 \text{ MPa} < f_y = 400 \text{ MPa} \quad \textbf{(memenuhi)}$$

$$\begin{aligned} C_s' &= A_s' \cdot (f_y - 0,85 \cdot f_c') \\ &= 1519,76 \cdot (400 - 0,85 \cdot 30) \\ &= 569.150,12 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_c' &= 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1 \cdot X \\ &= 0,85 \cdot 30 \cdot 500 \cdot 0,85 \cdot 270 \\ &= 2.926.125 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T &= A_s \cdot \left(\frac{d}{x} - 1 \right) \cdot 600 \\ &= 1519,76 \cdot \left(\frac{437}{270} - 1 \right) \cdot 600 \\ &= 563.999,82 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= C_c' + C_s' - T \\ &= 2.926.125 + 569.150,12 - 563.999,82 \\ &= 2.931.275,3 \text{ N} \end{aligned}$$

$$P > P_b$$

$$2.931.275,3 \text{ N} > 2.802.838,62 \text{ N} \quad \textbf{(memenuhi)}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= P \cdot e \\
 &= Cc' \left(d - d'' - \frac{ab}{2} \right) + Cs' (d - d'' - d') + T \cdot d \\
 &= 2926125 \left(437 - 187 - \frac{222,87}{2} \right) \\
 &\quad + 569150,12 (437 - 187 - 63) + 563999,82 \cdot 437 \\
 &= 607.657.445,4 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Syarat :

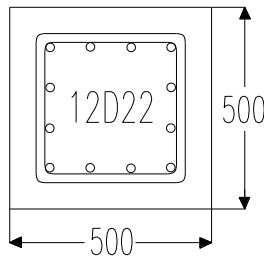
$$\phi M_n > M_u$$

$$0,65 \cdot 607.657.445,4 \text{ Nmm} > 46.573.273,68 \text{ Nmm}$$

$$394.977.339,5 \text{ Nmm} > 46.573.273,68 \text{ Nmm}$$

(memenuhi)

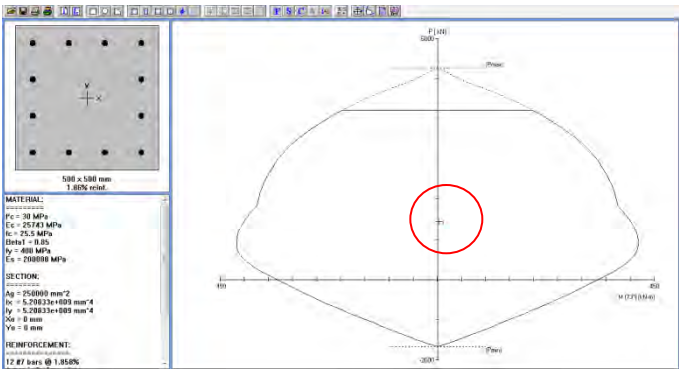
Sehingga kolom dipasang berdasarkan penulangan lentur arah X dan Y maka dipasang sebesar 12D22 dengan model pemasangan tulangan sebagai berikut :



Gambar 4.98 Penulangan lentur Kolom

Cek dengan program PCACOL
Semua output mengenai perhitungan dimasukkan ke dalam analisa PCACOL, sehingga diperoleh output momen kapasitas sebagai berikut :

Mutu beton (f_c') = 30 MPa
Kuat leleh tulangan lentur (f_y) = 400 MPa
Modulus Elastisitas (E_c) = 25742,96 MPa
 β_1 = 0,85
b kolom = 400 mm
h kolom = 400 mm
Tulangan Kolom Pasang 12D22



Gambar 4.99 Grafik Akibat Momen pada PCACOL

Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities: (see user's manual for notation)

No.	Pu kN	Mux kN-m	Muy kN-m	fMnx kN-m	fMny kN-m	fMn/Mu
1	1450.9	1.3	4.2	118.2	382.0	90.950

*** Program completed as requested! ***

Gambar 4.100 Hasil Output Pada PCACOL

Momen kapasitas penampang yang dihasilkan pada program PCACOL adalah :

Arah X

$$\phi M_n > M_u$$

$$118,2 \text{ KNmm} > 1,3 \text{ KNmm} \quad (\text{memenuhi})$$

Arah Y

$$\phi M_n > M_u$$

$$382 \text{ KNmm} > 4,2 \text{ KNmm} \quad (\text{memenuhi})$$

b. Penulangan Geser

Data Perencanaan :

$$b \text{ kolom} = 500 \text{ mm}$$

$$h \text{ kolom} = 500 \text{ mm}$$

$$L \text{ kolom} = 1500 \text{ mm}$$

$$\text{Kuat tekan kolom (} f_c' \text{)} = 30 \text{ MPa}$$

$$\text{Diameter tulangan lentur (} D_{\text{lentur}} \text{)} = D22$$

$$\text{Diameter tulangan geser (} \emptyset_{\text{geser}} \text{)} = \emptyset 12$$

$$\text{Kuat leleh tulangan lentur} = 400 \text{ MPa}$$

$$\text{Kuat leleh tulangan geser} = 240 \text{ MPa}$$

$$\text{Faktor reduksi kekuatan geser} = 0,75$$

Berdasarkan hasil output SAP 2000 diperoleh hasil gaya aksial pada kolom K2-1 (Elv. 0.00-5.00), frame 1267, As F-6 sebagai berikut :

Aksial

$$P_u = (1,2D + 1LL)$$

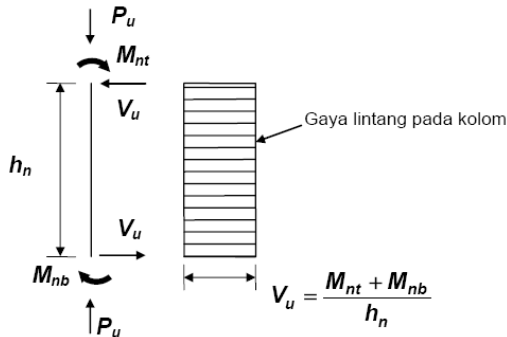
$$= 1.313.724 \text{ N}$$

$$d = b - \text{decking} - D_{\text{geser}} - 0,5D_{\text{lentur}}$$

$$= 500 - 40 - 12 - (0,5 \times 22)$$

$$= 437 \text{ mm}$$

Gaya lintang pada kolom untuk SRPMM :



Gambar 4.101 Lintang Rencana Untuk SRPMM

$$V_u = \frac{M_{nT} + M_{nB}}{h_n}$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 23.10.3)

Dimana :

M_{nT} = Momen nominal pasang *top* kolom
(N.mm)

M_{nB} = Momen nominal pasang *bottom* kolom
(N.mm)

$$M_{nT} = \frac{M_u}{\phi} = \frac{118200000}{0,75} = 157600000 \text{ Nmm}$$

$$M_{nB} = \frac{M_u}{\phi} = \frac{118200000}{0,75} = 157600000 \text{ Nmm}$$

$$V_u = \frac{M_{nT} + M_{nB}}{h_n}$$

$$V_u = \frac{157600000 + 157600000}{1500}$$

$$V_u = 210133,33 \text{ N}$$

Syarat Kuat Tekan Beton (f_c')

Nilai $\sqrt{f_c'}$ yang digunakan tidak boleh 25/3 MPa
(SNI 03-2847-2002)

$$\sqrt{f_c'} \leq \frac{25}{3}$$

$$\sqrt{30} \leq \frac{25}{3}$$

$$5,477 \leq 8,33 \quad (\text{memenuhi})$$

Kuat Geser Beton

$$V_c = \left[1 + \frac{P_u}{14 \cdot A_g} \right] \cdot \left[\frac{\sqrt{f_c'}}{6} \right] \cdot b \cdot d$$

$$V_c = \left[1 + \frac{1313724}{14 \cdot (500 \times 500)} \right] \cdot \left[\frac{\sqrt{30}}{6} \right] \cdot 500 \cdot 500$$

$$V_c = 313879,20 \text{ N}$$

Kuat Geser Tulangan Geser

$$V_{s_{\min}} = \frac{1}{3} \cdot b \cdot d$$

$$V_{s_{\min}} = \frac{1}{3} \cdot 500 \cdot 437$$

$$V_{s_{\min}} = 72833,33 \text{ N}$$

$$V_{s_{\max}} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d$$

$$V_{s_{\max}} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{30} \cdot 500 \cdot 437$$

$$V_{s_{\max}} = 398924,6 \text{ N}$$

$$2V_{s_{\max}} = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d$$

$$2V_{s_{\max}} = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{30} \cdot 500 \cdot 437$$

$$2V_{s_{\max}} = 797849,2 \text{ N}$$

Cek Kondisi Geser

Kondisi 1

$V_u \leq 0,5 \cdot \phi \cdot V_c \rightarrow$ Tidak Perlu Tulangan geser

$210133,33 \text{ N} \leq 117705 \text{ N}$ **(Tidak Memenuhi)**

Kondisi 2 \rightarrow Tulangan Geser Minimum

$0,5 \cdot \phi \cdot V_c \leq V_u \leq \phi \cdot V_c$

$117705 \text{ N} \leq 210133,33 \text{ N} \leq 235409,4 \text{ N}$
(Memenuhi)

Dari perhitungan di atas didapat memakai tulangan geser minimum akan tetapi akan dipasang menggunakan tulangan geser D12 mm dengan 2 kaki, maka luasan tulangan geser :

$$\begin{aligned} A_v &= 0,25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot n_{\text{kaki}} \\ &= 0,25 \cdot \pi \cdot 12^2 \cdot 2 \\ &= 226,2 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak Tulangan Geser Perlu (S_{perlu})

$$S_{\text{perlu}} = \frac{A_v \cdot f_{y_v} \cdot 3}{b_w}$$

$$S_{\text{perlu}} = \frac{226,2 \cdot 240 \cdot 3}{500}$$

$$S_{\text{perlu}} = 326 \text{ mm}$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Geser

$$S_{\max} \leq \frac{d}{2}$$

$$S_{\max} \leq \frac{437}{2}$$

$$S_{\max} \leq 218,5 \text{ (Tidak Memenuhi)}$$

$$S_{\max} < 600 \text{ mm}$$

$$326\text{mm} < 600\text{mm} \text{ (Memenuhi)}$$

Sehingga dipakai tulangan geser D12 - 150 mm

Cek Persyaratan SRPMM Untuk Kekuatan Geser Kolom

(SNI 03-2847-2002 pasal 23.10.4(2))

Spasi maksimum sengkang ikat yang dipasang pada rentang L_o dari muka hubungan balok-kolom S_o . Spasi S_o tersebut tidak boleh melebihi :

- a) Delapan kali diameter tulangan longitudinal terkecil

$$S_o \leq 8 \cdot D_{\text{lentur}}$$

$$150 \leq 8 \cdot 22$$

$$150 \leq 176 \text{ mm (Memenuhi)}$$

- b) 24 kali diameter sengkang ikat

$$S_o < 24 \cdot D_{\text{geser}}$$

$$150 < 24 \cdot 12$$

$$150 < 288 \text{ mm (Memenuhi)}$$

- c) $S_o \leq 300 \text{ mm}$

$$150 \leq 300 \text{ mm (Memenuhi)}$$

Maka dipakai S_o sebesar D12 – 150 mm

Panjang L_o tidak boleh kurang daripada nilai terbesar berikut ini :

a) Seperenam tinggi bersih kolom

$$\begin{aligned} L_o &= \frac{1}{6}(1500 - 250) \\ &= 208,33 \text{ mm} \end{aligned}$$

b) Dimensi terbesar penampang kolom

$$L_o = 500 \text{ mm}$$

c) $L_o \geq 500 \text{ mm}$

Maka dipakai L_o sebesar 500 mm

Sehingga dipasang sengkang sebesar Ø12-150 mm dan sengkang pertama harus dipasang sejarak tidak lebih 0,5(S_o) = 2. 150mm = 300 mm dari muka kolom

Spasi sengkang ikat pada seberang penampang kolom tidak boleh melebihi 2(S_o) = 2 . 150mm = 300 mm

Maka pada daerah setelah sejarak L_o = 500 mm dari muka hubungan balok kolom tetap dipasang sengkang sebesar Ø12-150mm

c. Perhitungan Sambungan Lewatan tulangan Vertikal Kolom

(SNI 03-2847-2002 pasal 14.16.1)

Panjang lewatan minimum untuk sambungan lewatan tekan adalah $0,07 \cdot f_y \cdot d_b$, untuk $f_y = 400 \text{ MPa}$ atau kurang, tetapi tidak kurang dari 300 mm

$$0,07 \cdot f_y \cdot d_b > 300 \text{ mm}$$

$$0,07 \cdot 400 \cdot 22 > 300 \text{ mm}$$

$$616 \text{ mm} > 300 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

Maka panjang sambungan lewatan kolom sebesar 600 mm

d. Panjang Penyaluran Tulangan Kolom

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 pasal 14.3.2, panjang sambungan lewatan untuk tulangan D22 harus diambil sebesar :

$$l_d = \frac{d_{\text{lentur}} \cdot f_y}{4 \cdot \sqrt{f_c'}}$$

$$l_d = \frac{22 \cdot 400}{4 \cdot \sqrt{30}}$$

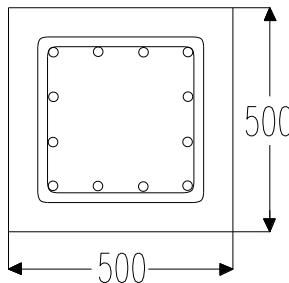
$$l_d = 401,66 \text{ mm}$$

Tidak boleh kurang dari

$$0,04 \cdot d_{\text{lentur}} \cdot f_y = 0,04 \cdot 22 \cdot 400 = 352 \text{ mm}$$

$$l_d > 0,04 \cdot d_{\text{lentur}} \cdot f_y \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

Maka panjang penyaluran tulangan kolom 360 mm



Gambar 4.102 Penampang Kolom

4.7 Perencanaan Balok Sloof

4.7.1 Penulangan Balok Sloof 30/50

Berikut akan dibahas penulangan balok sloof **S1 30/50 As 5/A-C di lantai dasar**. Adapun data-data, gambar denah balok sloof, hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP2000, ketentuan perhitungan penulangan balok sloof dengan metode SRPMM, perhitungan dan hasil akhir gambar penampang balok sloof adalah sebagai berikut:

DATA PERENCANAAN :

- Tipe balok sloof : BI 30/50
- Lokasi balok sloof : As 5/A-C
- Bentang balok sloof ($L_{\text{Balok Sloof}}$) : 6000mm
- Dimensi balok sloof ($b_{\text{Balok Sloof}}$) : 300mm
- Dimensi balok sloof ($h_{\text{Balok Sloof}}$) : 500mm
- Bentang kolom (L_{kolom}) : 5000mm
- Dimensi kolom (b_{kolom}) : 500mm
- Dimensi kolom (h_{kolom}) : 500mm
- Kuat tekan beton (f_c') : 30 MPa
- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) : 400 Mpa
- Kuat leleh tulangan geser (f_{yv}) : 240 Mpa
- Kuat leleh tulangan puntir (f_{yt}) : 400 Mpa
- Diameter tulangan lentur (D_{lentur}) : 22 mm
- Diameter tulangan geser (\emptyset_{geser}) : 10 mm
- Diameter tulangan puntir (D_{puntir}) : 16 mm
- Jarak spasi tulangan sejajar (S_{sejajar}) : 25mm
(SNI 03-2847-2002 psl. 9.6.1)
- Jarak spasi tulangan antar lapis : 25mm
(SNI 03-2847-2002 psl. 9.6.2)
- Tebal selimut beton (t_{decking}) : 40 mm
(SNI 03-2847-2002 psl. 9.7.1)
- Faktor distribusi tegangan beton (β_1) : 0,85
(SNI 03-2847-2002 psl. 12.2.7)(3)

- Faktor reduksi kekuatan lentur (Φ) : 0,8
(SNI 03-2847-2002 psl. 11.3.2)(1)
- Faktor reduksi kekuatan geser (Φ) : 0,75
(SNI 03-2847-2002 psl. 11.3.2)(3)
- Faktor reduksi kekuatan puntir (Φ) : 0,75
(SNI 03-2847-2002 psl. 11.3.2)(3)

Tinggi Efektif :

$$d = h - \text{decking} - \text{ø sengkang} - \frac{1}{2} \text{ ø tul. lentur}$$

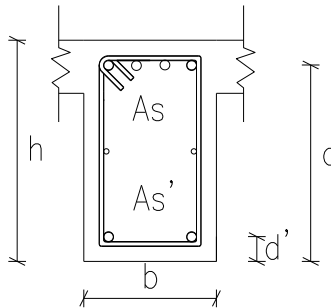
$$= 500\text{mm} - 40\text{mm} - 10\text{mm} - (0.5 \times 22\text{mm})$$

$$= 439 \text{ mm}$$

$$d' = \text{Tebal Decking} + \text{ø Sengkang} + \frac{1}{2} \text{ ø Tul. Lentur}$$

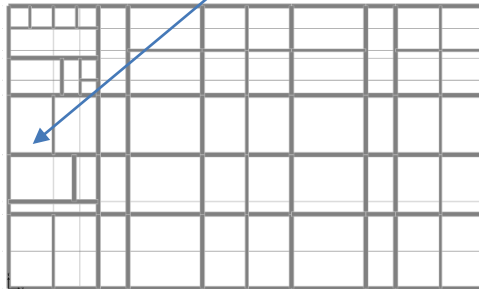
$$= 40\text{mm} + 10\text{mm} + (0.5 \times 22\text{mm})$$

$$= 61 \text{ mm}$$



Gambar 4.103 Tinggi efektif Balok Sloof

Balok Sloof yang ditinjau S1 30/50 As 5/A-C (frame 58)



Gambar 4.104 Denah Balok Sloof

Hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000

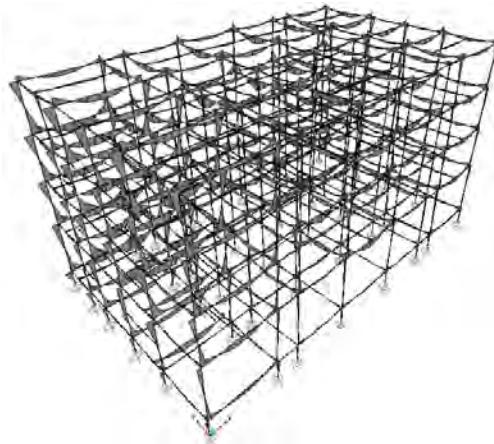
Dari analisa SAP 2000, maka didapatkan hasil output dan diagram gaya dalam sehingga digunakan dalam proses perhitungan penulangan balok sloof. Adapun dalam pengambilan hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 20000 yaitu gaya yang ditinjau harus ditentukan dan digunakan gaya maksimum yang terjadi akibat beberapa macam kombinasi pembebanan. Kombinasi pembebanan yang digunakan terdii dari kombinasi beban gravitasi dan kombinasi beban gempa

Kombinasi beban gravitasi :

- Pembebanan dari beban mati dan beban hidup
 $= 1,2DL + 1,6LL$
- Pembebanan dari beban mati dan beban hidup
 $= 1,2DL + 1,0LL$

Kombinasi beban gempa :

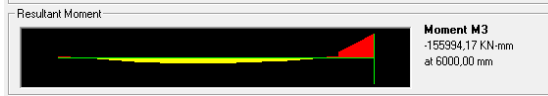
- Pembebanan dari beban gravitasi dan beban gempa positif searah sumbu X
 $= 1,2DL + 1,0LL + 1,0EQ_x + 0,3EQ_y$
- Pembebanan dari beban gravitasi dan beban gempa positif searah sumbu Y
 $= 1,2DL + 1,0LL + 0,3EQ_x + 1,0EQ_y$
- Pembebanan dari beban gravitasi dan beban gempa negatif searah sumbu X
 $= 1,2DL + 1,0LL - 1,0EQ_x - 0,3EQ_y$
- Pembebanan dari beban gravitasi dan beban gempa negatif searah sumbu Y
 $= 1,2DL + 1,0LL - 0,3EQ_x - 1,0EQ_y$
- Kombinasi dari beban gravitasi dan beban gempa lainnya
 $= 1,2DL + 1,0LL + 1,0EQ_x - 0,3EQ_y$
 $= 1,2DL + 1,0LL - 1,0EQ_x + 0,3EQ_y$
 $= 1,2DL + 1,0LL + 0,3EQ_x - 1,0EQ_y$
 $= 1,2DL + 1,0LL - 0,3EQ_x + 1,0EQ_y$



Gambar4.105 Pemodelan 3Ddiagram gaya dalam momen lentur balok sloof

Berikut diperoleh hasil momen dari analisa program SAP 2000 :

Kombinasi 1,2DL + 1,0LL + 1,0EQx - 0,3EQy

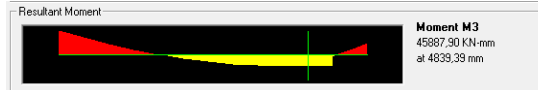


Momen Tumpuan Kanan : -155994,17 KN-mm

Momen Tumpuan Kiri : -17552,75 KN-mm

Momen Lapangan : +32733,14 KN-mm

Kombinasi 1,2DL + 1,0LL - 1,0EQx - 0,3EQy



Momen Tumpuan Kanan : -48598,4 KN-mm

Momen Tumpuan Kiri : -100541,35 KN-mm

Momen Lapangan : +45887,93 KN-mm

Untuk perhitungan tulangan Balok Sloof maka diambil momen yang terbesar dari beberapa kombinasi pembebanan di atas:

Tumpuan kanan:

Akibat kombinasi 1,2DL + 1,0LL + 1,0EQx - 0,3EQy

$Mu_{\text{tumpuan}} = -155994,17 \text{ KN-mm}$

Lapangan:

Akibat kombinasi 1,2DL + 1,0LL - 1,0EQx - 0,3EQy

$Mu_{\text{lapangan}} = +45887,93 \text{ KN-mm}$

Tumpuan kiri:

Akibat kombinasi 1,2DL + 1,0LL + 1,0EQx - 0,3EQy

$Mu_{\text{tumpuan}} = -17552,75 \text{ KN-mm}$

1. Perhitungan Penulangan Puntir

$$T_u = 12.710.916,98 \text{ N.mm}$$

Akibat Kombinasi 1,2DL+1,0LL+0,3EX-1,0EY

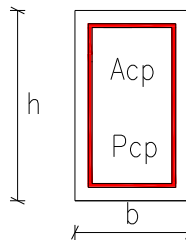
Momen Puntir Nominal :

$$T_n = \frac{T_u}{\phi}$$

(SNI 03-2847-2002 psl. 13.6.3).(5)

$$= \frac{19.087.368 \text{ Nmm}}{0,75}$$

$$= 25.449.824,53 \text{ Nmm}$$



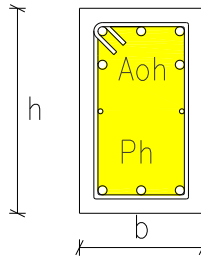
Gambar 4.106 Luasan Acp dan Keliling Pcp

Luasan penampang dibatasi sisi luar :

$$\begin{aligned} A_{cp} &= b \times h \\ &= 300\text{mm} \times 500\text{mm} \\ &= 150000\text{mm}^2 \end{aligned}$$

Keliling penampang dibatasi sisi luar :

$$\begin{aligned} P_{cp} &= 2 \times (b+h) \\ &= 2 \times (300\text{mm}+500\text{mm}) \\ &= 1600\text{mm} \end{aligned}$$



Gambar 4.107 Luasan Aoh dan keliling Ph

Luasan penampang dibatasi as tulangan sengkang :

$$\begin{aligned}
 A_{oh} &= (b_{\text{Balok Sloof}} - 2 \cdot t_{\text{decking}} - \phi_{\text{geser}}) \times (h_{\text{Balok Sloof}} - 2 \cdot t_{\text{decking}} - \phi_{\text{geser}}) \\
 &= (300\text{mm} - 2 \cdot 40\text{mm} - 10\text{mm}) \times (500\text{mm} - 2 \cdot 40\text{mm} - 10\text{mm}) \\
 &= 86100\text{mm}^2
 \end{aligned}$$

Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang :

$$\begin{aligned}
 P_h &= 2 \times ((b_{\text{Balok Sloof}} - 2 \cdot t_{\text{decking}} - \phi_{\text{geser}}) + (h_{\text{Balok Sloof}} - 2 \cdot t_{\text{decking}} - \phi_{\text{geser}})) \\
 &= 2 \times ((300\text{mm} - 2 \cdot 40\text{mm} - 10\text{mm}) + (500\text{mm} - 2 \cdot 40\text{mm} - 10\text{mm})) \\
 &= 1240\text{mm}
 \end{aligned}$$

Cek Pengaruh Tulangan Puntir

$$\begin{aligned}
 T_{u_{\min}} &= \frac{\phi \sqrt{f_c'}}{12} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \\
 &= \frac{0,75 \sqrt{30}}{12} \left(\frac{150000^2}{1600} \right) \\
 &= 4813967,791 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

(SNI 03-2847-2002 psl. 13.6.1).(a)

Syarat :

$Tu_{\min} \geq Tu$, maka Tulangan Puntir Diabaikan

$Tu_{\min} \leq Tu$, maka Tulangan Puntir Ditinjau

Kontrol :

4813967,791 N.mm < 19087368 N.mm

Maka : Direncanakan Tulangan Puntir

Cek Dimensi Penampang

$$\left[\sqrt{\left(\frac{Vu}{b \times d} \right)^2} + \sqrt{\left(\frac{Tu \times Ph}{1,07 \times Aoh^2} \right)^2} \right] \leq \left[\left(\phi \frac{Vc}{b \times d} + \frac{2 \times \sqrt{fc'}}{3} \right) \right]$$

(SNI 03-2847-2002 psl. 13.6.3).(1.a)

$$\left[\sqrt{\left(\frac{188236,4194}{300\text{mm} \times 439\text{mm}} \right)^2} + \sqrt{\left(\frac{19087368 \times 1240\text{mm}}{1,07 \times 86100\text{mm}^2} \right)^2} \right] \leq \left[\left(0,75 \frac{120225,1\text{N}}{300\text{mm} \times 439\text{mm}} + \frac{2 \times \sqrt{30\text{Mpa}}}{3} \right) \right]$$

$$2,360085924 \leq 3,4232$$

Syarat :

$Pers_{kiri} \geq Pers_{kanan}$, Maka Penampang Tidak Oke

$Pers_{kiri} \leq Pers_{kanan}$, Maka Penampang Oke

Maka : Dimensi Penampang Oke

Tulangan puntir untuk geser :

$$Tn = \frac{2 \times Ao \times At \times fyv}{s} \times \cot \theta$$

(SNI 03-2847-2002 psl. 13.6.3).(6)

$$\begin{aligned}\frac{A_t}{s} &= \frac{T_n}{2 \times A_o \times f_{yv} \times \cot \theta} \\ \longrightarrow A_o &= 0,85 \times A_{oh} \\ \frac{A_t}{s} &= \frac{T_n}{2 \times 0,85 \times A_{oh} \times f_{yv} \times \cot \theta} \\ &= \frac{25449824,53}{2 \times 0,85 \times 86100 \times 240 \times \cot 45} \\ &= 0,7244718 \text{ mm}^2/\text{mm}\end{aligned}$$

Tulangan puntir untuk lentur :

$$\begin{aligned}A_l &= \frac{A_t}{s} \times Ph \times \left(\frac{f_{yv}}{f_{yt}} \right) \times \cot^2 \theta \\ \textbf{(SNI 03-2847-2002 psl. 13.6.3).(7)} \\ &= 0,7244718 \times 1240 \times \left(\frac{240}{400} \right) \times \cot^2 45 \\ &= 539,00701 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Luasan tulangan puntir untuk lentur didistribusikan merata ke 4 sisi Balok Sloof :

$$\begin{aligned}\frac{A_l}{4} &= \frac{539,00701 \text{ mm}^2}{4} \\ &= 134,7518 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Maka :

Luasan tambahan puntir longitudinal untuk tulangan lentur

$$\frac{A_l}{4} = 134,7518 \text{ mm}^2$$

Luasan tambahan puntir transversal untuk tulangan geser

$$\frac{A_t}{s} = 0,7244718 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

2. Perhitungan Penulangan Lentur Daerah Tumpuan Kanan

Diambil momen yang terbesar :

Akibat kombinasi :

$$1,2DL+1,0LL+1,0EQX-0,3EQY$$

$$\text{Momen Tumpuan (Mu)} = 155994,2 \text{KN-mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen Nominal (Mn)} &= \frac{Mu}{\Phi} \\ &= \frac{155994,2 \text{KN-mm}}{0,8} \\ &= 194992,7125 \text{KN-mm} \end{aligned}$$

Posisi Garis Netral Balance

$$\begin{aligned} Xb &= \frac{600}{(600 + fy)} \times d \\ &= \frac{600}{(600 + 400)} \times 439 \\ &= 263,4 \text{mm} \end{aligned}$$

Posisi Garis Netral Maksimum

$$\begin{aligned} X_{\max} &= 0,75 \times Xb \\ &= 0,75 \times 264,3 \text{mm} \\ &= 197,55 \text{mm} \end{aligned}$$

Posisi Garis Netral Rencana

$$X_r \text{ Asumsi} = 85 \text{mm}$$

Luas Tulangan Tarik :

$$\begin{aligned} A_{sc} &= \frac{0,85 \times f_c \times \beta_1 \times b \times X_r}{f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 30 \times 0,85 \times 300 \times 85}{400} \\ &= 1381,78 \text{mm}^2 \end{aligned}$$

Momen Nominal tekan :

$$\begin{aligned}
 M_{nc} &= A_{sc} \times f_y \times \left(d - \left(\frac{\beta_1 \times X_r}{2} \right) \right) \\
 &= 1381,78 \times 400 \times \left(439 - \left(\frac{0,85 \times 85}{2} \right) \right) \\
 &= 222674,0484 \text{ KN-mm}
 \end{aligned}$$

Cek Apakah Perlu Tulangan Tekan

$$\begin{aligned}
 M_{ns} &= M_n - M_{nc} \\
 &= 194992,7125 \text{ KN-mm} - 222674,0484 \text{ KN-mm} \\
 &= -27681,34 \text{ KN-mm}
 \end{aligned}$$

$M_{ns} < 0$, Sehingga Untuk Analisis Selanjutnya Digunakan Perhitungan Penulangan Lentur Tunggal

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\
 &= \frac{194992,7125 \text{ KN-mm}}{300 \text{ mm} \times (439 \text{ mm})^2} \\
 &= 3,37625 \text{ N/mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\
 &= \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 30 \text{ Mpa}} \\
 &= 15,6827
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{Perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{15,6827} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,6827 \times 3,37625}{400}} \right) \\
 &= 0,009078
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$$

(SNI-03-2847-2002 psl. 12.5.1)

$$= \frac{1,4}{400 \text{ Mpa}}$$

$$= 0,0035$$

$$\rho_{\text{Balance}} = \frac{0,85 \times f_c' \times \beta_1}{f_y} \times \frac{600}{(600 + f_y)}$$

(SNI-03-2847-2002 psl. 10.4.3)

$$= \frac{0,85 \times 30 \times 0,85}{400} \times \frac{600}{(600 + 400)}$$

$$= 0,0325$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_{\text{balance}}$$

(SNI-03-2847-2002 psl. 12.3.3)

$$= 0,75 \times 0,0325$$

$$= 0,0244$$

syarat : $\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$, maka dalam perhitungan selanjutnya digunakan ρ_{perlu}

Luas Tulangan Tarik Perlu (As)

$$\text{As Perlu} = \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d$$

$$= 0,009078 \times 300 \text{ mm} \times 439 \text{ mm}$$

$$= 1195,559807 \text{ mm}^2$$

As Tulangan Tarik Ditambah Tul. Puntir

Longitudinal :

$$\text{As} = 1195,559807 \text{ mm}^2 + 134,752 \text{ mm}^2$$

$$= 1330,312 \text{ mm}^2$$

Luas Tulangan Tekan Perlu (A_s')

$$\begin{aligned} A_s' \text{ Perlu} &= 0,5 \times A_s \text{ Perlu} \\ &= 0,5 \times 1330,312\text{mm}^2 \\ &= 665,1558\text{mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan Tulangan :

Luasan Tulangan Lentur :

$$\begin{aligned} D-22 &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22\text{mm})^2 \\ &= 379,94\text{mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan Tulangan Puntir :

$$\begin{aligned} D-16 &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16\text{mm})^2 \\ &= 200,96\text{mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Tarik Perlu :

$$\begin{aligned} n \text{ Tulangan Tarik} &= \frac{A_{s_{\text{Perlu}}}}{\text{Luasan } D_{\text{Lentur}}} \\ &= \frac{1330,312\text{mm}^2}{0,25 \times 3,14 \times 22\text{mm} \times 22\text{mm}} \\ &= 4\text{Buah} \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Tekan Perlu :

$$\begin{aligned} n \text{ Tulangan Tekan} &= \frac{A_{s'_{\text{Perlu}}}}{\text{Luasan } D_{\text{Lentur}}} \\ &= \frac{665,1558\text{mm}^2}{0,25 \times 3,14 \times 22\text{mm} \times 22\text{mm}} \\ &= 2\text{Buah} \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Puntir Longitudinal Perlu

$$\begin{aligned} n \text{ Tulangan Puntir} &= \frac{A_{s_{\text{PuntirPerlu}}}}{Luasan D_{\text{Puntir}}} \\ &= \frac{269,5035 \text{ mm}^2}{0,25 \times 3,14 \times 16 \text{ mm} \times 16 \text{ mm}} \\ &= 2 \text{ Buah} \end{aligned}$$

Luasan tulangan pasang :

Luasan tulangan pasang lentur tarik (top)

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{pasang}}} &= n_{\text{pasang}} \times \text{luasan } D_{\text{lentur}} \\ &= 4 \times 0,25 \times 3,14 \times 22 \text{ mm} \times 22 \text{ mm} \\ &= 1519,76 \text{ mm}^2 > 1330,312 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan tulangan pasang lentur tekan (bottom)

$$\begin{aligned} A_{s'_{\text{pasang}}} &= n_{\text{pasang}} \times \text{luasan } D_{\text{lentur}} \\ &= 2 \times 0,25 \times 3,14 \times 22 \text{ mm} \times 22 \text{ mm} \\ &= 759,88 \text{ mm}^2 > 665,1558 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan tulangan pasang puntir lonitudinal (web)

$$\begin{aligned} A_{s'_{\text{pasang}}} &= n_{\text{pasang}} \times \text{luasan } D_{\text{puntir}} \\ &= 2 \times 0,25 \times 3,14 \times 16 \text{ mm} \times 16 \text{ mm} \\ &= 401,92 \text{ mm}^2 > 269,5035 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol

Pasang Tulangan Tarik 4 D 22mm

Pasang Tulangan Tekan 2 D 22mm

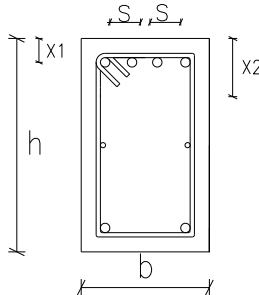
Pasang Tulangan Puntir 2 D 16mm

$$A_s \text{ Tarik} = 1519,76 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ Tekan} = 759,88 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ Puntir} = 401,92 \text{ mm}^2$$

Cek Spasi Jarak Tulangan



Gambar 4.108 Cek jarak spasi tulangan dari jarak spasi tulangan sejajar pada penampang balok sloof

Kontrol Spasi Jarak Tulangan Tarik

$$\begin{aligned}
 \text{Starik} &= \frac{(b - (2 \times t_{\text{selimut}}) - (2 \times D_{\text{geser}}) - (n \times D_{\text{lentur}}))}{(n - 1)} \\
 &= \frac{(300\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (4 \times 22\text{mm}))}{(4 - 1)} \\
 &= 37,3333\text{mm}
 \end{aligned}$$

Syarat

$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow$ susun 1 lapis

$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow$ susun lebih dari 1 lapis

$S = 37,333\text{mm} > 25\text{mm} \rightarrow$ PASANG 1 LAPIS

Maka digunakan tulangan tarik 1 lapis :

Tulangan Tarik Lapis 1 : 4 D 22mm

Kontrol Spasi Jarak Tulangan Tekan

$$\begin{aligned}
 S_{\text{tekan}} &= \frac{(b - (2 \times t_{\text{selimut}}) - (2 \times D_{\text{geser}}) - (n \times D_{\text{lentur}}))}{(n - 1)} \\
 &= \frac{(300\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (2 \times 22\text{mm}))}{(2 - 1)} \\
 &= 156\text{mm}
 \end{aligned}$$

Syarat

$$S_{maks} \geq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{maks} \leq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

$$S = 156 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \rightarrow \text{PASANG 1 LAPIS}$$

Maka digunakan tulangan tekan 1 lapis :

Tulangan Tekan Lapis 1 : 2 D 22mm

Cek Syarat SRPMM Untuk Kekuatan Lentur Pada Balok Sloof

Kuat momen lentur positif Balok Sloof pada muka kolom tidak boleh lebih kecil sepertiga kuat momen lentur negatif Balok Sloof pada muka kolom

$$M \text{ lentur tumpuan (+)} \geq 1/3 \times M \text{ lentur tumpuan (-)}$$

(SNI 03-2847-2002 psl. 23.10.4).(1)

Maka pada hal ini pengecekan dilakukna dengan meninjau tulangan pasang.

$$A_{s_{pasang}} = 1519,76 \text{ mm}^2$$

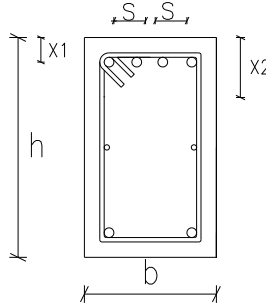
$$A_{s'_{pasang}} = 759,88 \text{ mm}^2$$

$$M \text{ lentur tumpuan (+)} \geq 1/3 \times M \text{ lentur tumpuan (-)}$$

$$759,88 \text{ mm}^2 > 1/3 \times 1519,76 \text{ mm}^2$$

$$759,88 \text{ mm}^2 > 506,587 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Cek Kemampuan Penampang Tulangan Pasang



Gambar 4.109 Cek kemampuan penampang tulangan dari jarak spasi tulangan antar lapis pada penampang Balok Sloof

$$\begin{aligned} x_1 &= t_{\text{decking}} + \phi_{\text{geser}} - (1/2 \times D_{\text{lentur}}) \\ &= 40\text{mm} + 10\text{mm} - (1/2 \times 22\text{mm}) \\ &= 61\text{mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_2 &= t_{\text{decking}} + \phi_{\text{geser}} + D_{\text{lentur}} + S_{\text{antarlapis}} + (1/2 \times D_{\text{lentur}}) \\ &= 40\text{mm} + 10\text{mm} + 22\text{mm} + 25\text{mm} + (1/2 \times 22\text{mm}) \\ &= 108\text{mm} \end{aligned}$$

Maka y adalah

$$\begin{aligned} Y &= \frac{(n_{\text{lapis1}} \times \text{luasan} D_{\text{Lentur}} \times X_1) + (n_{\text{lapis2}} \times \text{luasan} D_{\text{Lentur}} \times X_2)}{(n \times D_{\text{Lentur}} \times \text{Luasan} D_{\text{Lentur}})} \\ &= \frac{(4 \times 379,94 \times 61) + (0 \times 379,94 \times 108)}{(4 \times 379,94)} \\ &= 61\text{mm} \end{aligned}$$

Tinggi efektif penampang :

$$\begin{aligned} d &= h_{\text{Balok Sloof}} - y \\ &= 500\text{mm} - 61\text{mm} \\ &= 439\text{mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d' &= h_{\text{Balok Sloof}} - d \\ &= 500\text{mm} - 439\text{mm} \\ &= 61\text{mm} \end{aligned}$$

Tinggi blok gaya tekan beton :

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_{\text{spasang}} \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} \\ &= \frac{1519,76.400}{0,85 \cdot 30 \cdot 300} \\ &= 79,46458 \text{ mm} \end{aligned}$$

Gaya tekan beton

$$\begin{aligned} Cc' &= 0,85 \times f_c' \times b \times a \\ &= 0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 300 \text{ mm} \times 79,46458 \\ &= 607904 \text{ N} \end{aligned}$$

Cek Momen Nominal Pasang

$$\begin{aligned} M_n &= Cc' \left(d - \left(\frac{a}{2} \right) \right) \\ &= 607904 \times \left(439 - \left(\frac{79,46458}{2} \right) \right) \\ &= 242716439 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

Syarat :

$M_{n\text{pasang}} \geq M_{n\text{perlu}}$, maka perencanaan OK

$M_{n\text{pasang}} \leq M_{n\text{perlu}}$, maka perencanaan TDK OK

Kontrol :

$$242716439 \text{ N.mm} \geq 194992712,5 \text{ N.mm}$$

Kesimpulan :

Penulangan lentur memenuhi

3. Daerah Tumpuan Kiri

Diambil momen akibat kombinasi :

$$1,2DL + 1,0LL + 1,0EQX - 0,3EQY$$

$$\text{Momen Tumpuan } (M_u) = 17552,75 \text{ KN-mm}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Momen Nominal } (M_n) &= \frac{M_u}{\Phi} \\
 &= \frac{17552,75 \text{KN} - \text{mm}}{0,8} \\
 &= 21940,9375 \text{KN-mm}
 \end{aligned}$$

Posisi Garis Netral Balance

$$\begin{aligned}
 X_b &= \frac{600}{(600 + f_y)} \times d \\
 &= \frac{600}{(600 + 400)} \times 439 \\
 &= 263,4 \text{mm}
 \end{aligned}$$

Posisi Garis Netral Maksimum

$$\begin{aligned}
 X_{\max} &= 0,75 \times X_b \\
 &= 0,75 \times 264,3 \text{mm} \\
 &= 197,55 \text{mm}
 \end{aligned}$$

Posisi Garis Netral Rencana

$$X_r \text{ Asumsi} = 85 \text{mm}$$

Luas Tulangan Tarik :

$$\begin{aligned}
 A_{sc} &= \frac{0,85 \times f_c \times \beta_1 \times b \times X_r}{f_y} \\
 &= \frac{0,85 \times 30 \times 0,85 \times 300 \times 85}{400} \\
 &= 1381,78 \text{mm}^2
 \end{aligned}$$

Momen Nominal tekan :

$$\begin{aligned}
 M_{nc} &= A_{sc} \times f_y \times \left(d - \left(\frac{\beta_1 \times X_r}{2} \right) \right) \\
 &= 1381,78 \times 400 \times \left(439 - \left(\frac{0,85 \times 85}{2} \right) \right) \\
 &= 222674,0484 \text{KN-mm}
 \end{aligned}$$

Cek Apakah Perlu Tulangan Tekan

$$\begin{aligned} M_{ns} &= M_n - M_{nc} \\ &= 21940,9375 \text{KN-mm} - 222674,0484 \text{KN-mm} \\ &= -200733,1 \text{KN-mm} \end{aligned}$$

$M_{ns} < 0$, Sehingga Untuk Analisis Selanjutnya Digunakan Perhitungan Penulangan Lentur Tunggal

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\ &= \frac{21940,9375 \text{KN-mm}}{300 \text{mm} \times (439 \text{mm})^2} \\ &= 0,379494 \text{N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\ &= \frac{400 \text{Mpa}}{0,85 \times 30 \text{Mpa}} \\ &= 0,0035 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{Perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{0,0035} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,0035 \times 0,379494}{400}} \right) \\ &= 0,000956 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$$

(SNI-03-2847-2002 psl. 12.5.1)

$$\begin{aligned} &= \frac{1,4}{400 \text{Mpa}} \\ &= 0,0035 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{Balance}} &= \frac{0,85 \times f_c' \times \beta_1}{f_y} \times \frac{600}{(600 + f_y)} \\ &\text{(SNI-03-2847-2002 psl. 10.4.3)} \\ &= \frac{0,85 \times 30 \times 0,85}{400} \times \frac{600}{(600 + 400)} \\ &= 0,0325\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{max}} &= 0,75 \times \rho_{\text{balance}} \\ &\text{(SNI-03-2847-2002 psl. 12.3.3)} \\ &= 0,75 \times 0,0325 \\ &= 0,0244\end{aligned}$$

syarat : $\rho_{\text{min}} < \rho$ perlu " ρ " max", maka dalam perhitungan selanjutnya digunakan ρ_{min}

Luas Tulangan Tarik Perlu (As)

$$\begin{aligned}\text{As Perlu} &= \rho_{\text{min}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0035 \times 300\text{mm} \times 439\text{mm} \\ &= 460,95\text{mm}^2\end{aligned}$$

As Tulangan Tarik Ditambah Tul. Puntir

Longitudinal :

$$\begin{aligned}\text{As} &= 460,95\text{mm}^2 + 134,7517\text{mm}^2 \\ &= 595,7018\text{mm}^2\end{aligned}$$

Luas Tulangan Tekan Perlu (As')

$$\begin{aligned}\text{As' Perlu} &= 0,5 \times \text{As Perlu} \\ &= 0,5 \times 595,7018\text{mm}^2 \\ &= 297,8509\text{mm}^2\end{aligned}$$

Luasan Tulangan :

Luasan Tulangan Lentur :

$$\begin{aligned}\text{D-22} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22\text{mm})^2 \\ &= 379,94\text{mm}^2\end{aligned}$$

Luasan Tulangan Puntir :

$$\begin{aligned} D-16 &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16\text{mm})^2 \\ &= 200,96\text{mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Tarik Perlu

$$\begin{aligned} n \text{ Tulangan Tarik} &= \frac{A_{s_{\text{Perlu}}}}{\text{Luasan} D_{\text{Lentur}}} \\ &= \frac{595,7018\text{mm}^2}{0,25 \times 3,14 \times 22\text{mm} \times 22\text{mm}} \\ &= 2 \text{ Buah} \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Tekan Perlu

$$\begin{aligned} n \text{ Tulangan Tekan} &= \frac{A_{s'_{\text{Perlu}}}}{\text{Luasan} D_{\text{Lentur}}} \\ &= \frac{297,8509\text{mm}^2}{0,25 \times 3,14 \times 22\text{mm} \times 22\text{mm}} \\ &= 2 \text{ Buah} \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Puntir Longitudinal Perlu

$$\begin{aligned} n \text{ Tulangan Puntir} &= \frac{A_{s_{\text{PuntirPerlu}}}}{\text{Luasan} D_{\text{Puntir}}} \\ &= \frac{269,5035\text{mm}^2}{0,25 \times 3,14 \times 16\text{mm} \times 16\text{mm}} \\ &= 2 \text{ Buah} \end{aligned}$$

Luasan tulangan pasang :

Luasan tulangan pasang lentur tarik (top)

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{pasang}}} &= n_{\text{pasang}} \times \text{luasan } D_{\text{Lentur}} \\ &= 2 \times 0,25 \times 3,14 \times 22\text{mm} \times 22\text{mm} \\ &= 759,88\text{mm}^2 > 595,7018\text{mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan tulangan pasang lentur tekan (bottom)

$$\begin{aligned} A_s'_{\text{pasang}} &= n_{\text{pasang}} \times \text{luasan } D_{\text{lentur}} \\ &= 2 \times 0,25 \times 3,14 \times 22\text{mm} \times 22\text{mm} \\ &= 759,88\text{mm}^2 > 297,8509\text{mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan tulangan pasang puntir lonitudinal (web)

$$\begin{aligned} A_s'_{\text{pasang}} &= n_{\text{pasang}} \times \text{luasan } D_{\text{puntir}} \\ &= 2 \times 0,25 \times 3,14 \times 16\text{mm} \times 16\text{mm} \\ &= 401,92\text{mm}^2 > 269,5035\text{mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol

Pasang Tulangan Tarik 2 D 22mm

Pasang Tulangan Tekan 2 D 22mm

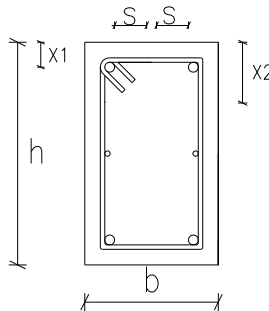
Pasang Tulangan Puntir 2 D 16mm

As Tarik = 759,88mm²

As Tekan = 759,88mm²

As Puntir = 401,92mm²

Cek Spasi Jarak Tulangan



Gambar 4.110 Cek jarak spasi tulangan dari jarak spasi tulangan sejajar pada penampang balok sloof

Kontrol Spasi Jarak Tulangan Tarik

$$\begin{aligned}
 S_{\text{tarik}} &= \frac{(b - (2 \times t_{\text{selimut}}) - (2 \times D_{\text{geser}}) - (n \times D_{\text{lentur}}))}{(n - 1)} \\
 &= \frac{(300\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (2 \times 22\text{mm}))}{(2 - 1)} \\
 &= 156\text{mm}
 \end{aligned}$$

Syarat

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

$$S = 156\text{mm} > 25\text{mm} \rightarrow \text{PASANG 1 LAPIS}$$

Maka digunakan tul tarik 1 lapis sbb :

Tulangan Tarik Lapis 1 : 2 D 22mm

Kontrol Spasi Jarak Tulangan Tekan

$$\begin{aligned}
 S_{\text{tekan}} &= \frac{(b - (2 \times t_{\text{selimut}}) - (2 \times D_{\text{geser}}) - (n \times D_{\text{lentur}}))}{(n - 1)} \\
 &= \frac{(300\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (2 \times 22\text{mm}))}{(2 - 1)} \\
 &= 156\text{mm}
 \end{aligned}$$

Syarat

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

$$S = 156\text{mm} > 25\text{mm} \rightarrow \text{PASANG 1 LAPIS}$$

Maka digunakan tulangan tekan 1 lapis :

Tulangan Tekan Lapis 1 : 2 D 22mm

Cek Syarat SRPMM Untuk Kekuatan Lentur Pada Balok Sloof

Kuat momen lentur positif Balok Sloof pada muka kolom tidak boleh lebih kecil sepertiga kuat momen lentur negatif Balok Sloof pada muka kolom

$$M \text{ lentur tumpuan (+)} \geq 1/3 \times M \text{ lentur tumpuan (-)}$$

(SNI 03-2847-2002 psl. 23.10.4).(1)

Maka pada hal ini pengecekan dilakukna dengan meninjau tulangan pasang.

$$A_{s_{\text{pasang}}} = 759,88 \text{ mm}^2$$

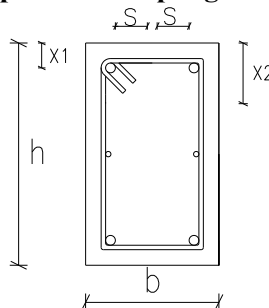
$$A_{s'_{\text{pasang}}} = 759,88 \text{ mm}^2$$

$$M \text{ lentur tumpuan (+)} \geq 1/3 \times M \text{ lentur tumpuan (-)}$$

$$759,88 \text{ mm}^2 > 1/3 \times 759,88 \text{ mm}^2$$

$$759,88 \text{ mm}^2 > 253,29333 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Cek Kemampuan Penampang Tulangan Pasang



Gambar 4.111 Cek kemampuan penampang tulangan dari jarak spasi tulangan antar lapis pada penampang balok sloof

$$\begin{aligned} x_1 &= t_{\text{decking}} + \phi_{\text{geser}} - (1/2 \times D_{\text{lentur}}) \\ &= 40 \text{ mm} + 10 \text{ mm} - (1/2 \times 22 \text{ mm}) \\ &= 61 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 x_2 &= t_{\text{decking}} + \phi_{\text{geser}} + D_{\text{lentur}} + S_{\text{antarlapis}} + (1/2 \cdot D_{\text{lentur}}) \\
 &= 40\text{mm} + 10\text{mm} + 22\text{mm} + 25\text{mm} + (1/2 \cdot 22\text{mm}) \\
 &= 108\text{mm}
 \end{aligned}$$

Maka y adalah

$$\begin{aligned}
 Y &= \frac{(n_{\text{lapis1}} \times \text{luas} D_{\text{Lentur}} \times X_1) + (n_{\text{lapis2}} \times \text{luas} D_{\text{Lentur}} \times X_2)}{(n \times D_{\text{Lentur}} \times \text{Luas} D_{\text{Lentur}})} \\
 &= \frac{(2 \times 379,94 \times 61) + (0 \times 379,94 \times 108)}{(2 \times 379,94)} \\
 &= 61\text{mm}
 \end{aligned}$$

Tinggi efektif penampang :

$$\begin{aligned}
 d &= h_{\text{Balok Sloof}} - y \\
 &= 500\text{mm} - 61\text{mm} \\
 &= 439\text{mm} \\
 d' &= h_{\text{Balok Sloof}} - d \\
 &= 500\text{mm} - 439\text{mm} \\
 &= 61\text{mm}
 \end{aligned}$$

Tinggi blok gaya tekan beton :

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_{\text{spasang}} \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} \\
 &= \frac{759,88.400}{0,85.30.300} \\
 &= 39,73229\text{mm}
 \end{aligned}$$

Gaya tekan beton

$$\begin{aligned}
 Cc' &= 0,85 \times f_c' \times b \times a \\
 &= 0,85 \times 30\text{Mpa} \times 300\text{mm} \times 39,73229 \\
 &= 303952\text{N}
 \end{aligned}$$

Cek Momen Nominal Pasang

$$\begin{aligned}
 M_n &= Cc' \left(d - \left(\frac{a}{2} \right) \right) \\
 &= 303952 \times \left(439 - \left(\frac{39,73229}{2} \right) \right) \\
 &= 127396574 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

Syarat :

$M_{n\text{pasang}} \geq M_{n\text{perlu}}$, maka perencanaan OK

$M_{n\text{pasang}} \leq M_{n\text{perlu}}$, maka perencanaan TDK OK

Kontrol :

$$127396574 \text{ N.mm} \geq 21940937,5 \text{ N.mm}$$

Kesimpulan :

Penulangan lentur memenuhi

4. Perhitungan Penulangan Lentur Daerah Lapangan

Diambil momen akibat kombinasi :

$$1,2DL + 1,0LL - 1,0EQ_x - 0,3EQ_y$$

$$\text{Momen Tumpuan } (M_u) = 45887,93 \text{ KN-mm}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Momen Nominal } (M_n) &= \frac{M_u}{\Phi} \\
 &= \frac{45887,93 \text{ KN-mm}}{0,8} \\
 &= 57359,9125 \text{ KN-mm}
 \end{aligned}$$

Posisi Garis Netral Balance

$$\begin{aligned} X_b &= \frac{600}{(600 + f_y)} \times d \\ &= \frac{600}{(600 + 400)} \times 439 \\ &= 263,4\text{mm} \end{aligned}$$

Posisi Garis Netral Maksimum

$$\begin{aligned} X_{\max} &= 0,75 \times X_b \\ &= 0,75 \times 264,3\text{mm} \\ &= 197,55\text{mm} \end{aligned}$$

Posisi Garis Netral Rencana

$$X_r \text{ Asumsi} = 85\text{mm}$$

Luas Tulangan Tarik :

$$\begin{aligned} A_{sc} &= \frac{0,85 \times f_c \times \beta_1 \times b \times X_r}{f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 30 \times 0,85 \times 300 \times 85}{400} \\ &= 1381,78\text{mm}^2 \end{aligned}$$

Momen Nominal tekan :

$$\begin{aligned} M_{nc} &= A_{sc} \times f_y \times \left(d - \left(\frac{\beta_1 \times X_r}{2} \right) \right) \\ &= 1381,78 \times 400 \times \left(439 - \left(\frac{0,85 \times 85}{2} \right) \right) \\ &= 222674,0484\text{KN-mm} \end{aligned}$$

Cek Apakah Perlu Tulangan Tekan

$$\begin{aligned} M_{ns} &= M_n - M_{nc} \\ &= 45887,93\text{KN-mm} - 222674,0484\text{KN-mm} \\ &= -165314,1\text{KN-mm} \end{aligned}$$

**Mns < 0, Sehingga Untuk Analisis Selanjutnya
Digunakan Perhitungan Penulangan Lentur
Tunggal**

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\ &= \frac{45887,93 \text{KN} - \text{mm}}{300 \text{mm} \times (439 \text{mm})^2} \\ &= 0,992106 \text{N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\ &= \frac{400 \text{Mpa}}{0,85 \times 30 \text{Mpa}} \\ &= 0,0035 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{Perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{0,0035} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,0035 \times 0,992106}{400}} \right) \\ &= 0,00253 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$$

(SNI-03-2847-2002 psl. 12.5.1)

$$\begin{aligned} &= \frac{1,4}{400 \text{Mpa}} \\ &= 0,0035 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{Balance}} = \frac{0,85 \times f_c' \times \beta_1}{f_y} \times \frac{600}{(600 + f_y)}$$

(SNI-03-2847-2002 psl. 10.4.3)

$$= \frac{0,85 \times 30 \times 0,85}{400} \times \frac{600}{(600 + 400)}$$

$$= 0,0325$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_{\text{balance}}$$

(SNI-03-2847-2002 psl. 12.3.3)

$$= 0,75 \times 0,0325$$

$$= 0,0244$$

syarat : $\rho_{\min} < \rho \leq \rho_{\max}$, maka dalam perhitungan selanjutnya digunakan ρ_{\min}

Luas Tulangan Tarik Perlu (As)

$$As_{\text{Perlu}} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d$$

$$= 0,0035 \times 300\text{mm} \times 439\text{mm}$$

$$= 460,95\text{mm}^2$$

As Tulangan Tarik Ditambah Tul. Puntir Longitudinal :

$$As = 460,95\text{mm}^2 + 134,7517\text{mm}^2$$

$$= 595,7018\text{mm}^2$$

Luas Tulangan Tekan Perlu (As')

$$As'_{\text{Perlu}} = 0,5 \times As_{\text{Perlu}}$$

$$= 0,5 \times 595,7018\text{mm}^2$$

$$= 297,8509\text{mm}^2$$

Luasan Tulangan :

Luasan Tulangan Lentur :

$$D-22 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$$

$$= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22\text{mm})^2$$

$$= 379,94\text{mm}^2$$

Luasan Tulangan Puntir :

$$D-16 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$$

$$= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16\text{mm})^2$$

$$= 200,96\text{mm}^2$$

Jumlah Tulangan Tarik Perlu

$$\begin{aligned}
 n \text{ Tulangan Tarik} &= \frac{A_{s_{\text{Perlu}}}}{Luasan D_{\text{Lentur}}} \\
 &= \frac{595,7018 \text{mm}^2}{0,25 \times 3,14 \times 22 \text{mm} \times 22 \text{mm}} \\
 &= 2 \text{ Buah}
 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Tekan Perlu

$$\begin{aligned}
 n \text{ Tulangan Tekan} &= \frac{A_{s'_{\text{Perlu}}}}{Luasan D_{\text{Lentur}}} \\
 &= \frac{297,8509 \text{mm}^2}{0,25 \times 3,14 \times 22 \text{mm} \times 22 \text{mm}} \\
 &= 2 \text{ Buah}
 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Puntir Longitudinal Perlu

$$\begin{aligned}
 n \text{ Tulangan Puntir} &= \frac{A_{s_{\text{PuntirPerlu}}}}{Luasan D_{\text{Puntir}}} \\
 &= \frac{269,5035 \text{mm}^2}{0,25 \times 3,14 \times 16 \text{mm} \times 16 \text{mm}} \\
 &= 2 \text{ Buah}
 \end{aligned}$$

Luasan tulangan pasang :

Luasan tulangan pasang lentur tarik (top)

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\text{pasang}}} &= n_{\text{pasang}} \times \text{luasan } D_{\text{Lentur}} \\
 &= 2 \times 0,25 \times 3,14 \times 22 \text{mm} \times 22 \text{mm} \\
 &= 759,88 \text{mm}^2 > 595,7018 \text{mm}^2
 \end{aligned}$$

Luasan tulangan pasang lentur tekan (bottom)

$$\begin{aligned}
 A_{s'_{\text{pasang}}} &= n_{\text{pasang}} \times \text{luasan } D_{\text{Lentur}} \\
 &= 2 \times 0,25 \times 3,14 \times 22 \text{mm} \times 22 \text{mm} \\
 &= 759,88 \text{mm}^2 > 297,8509 \text{mm}^2
 \end{aligned}$$

Luasan tulangan pasang puntir lonitudinal (web)

$$\begin{aligned} A_s'_{\text{pasang}} &= n_{\text{pasang}} \times \text{luas} \, D_{\text{puntir}} \\ &= 2 \times 0,25 \times 3,14 \times 16\text{mm} \times 16\text{mm} \\ &= 401,92\text{mm}^2 > 269,5035\text{mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol

Pasang Tulangan Tarik 2 D 22mm

Pasang Tulangan Tekan 2 D 22mm

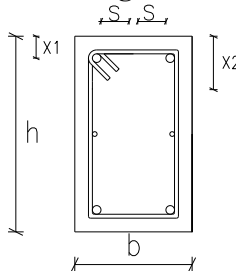
Pasang Tulangan Puntir 2 D 16mm

$$A_s \text{ Tarik} = 759,88\text{mm}^2$$

$$A_s \text{ Tekan} = 759,88\text{mm}^2$$

$$A_s \text{ Puntir} = 401,92\text{mm}^2$$

Cek Spasi Jarak Tulangan



Gambar 4.112 Cek jarak spasi tulangan dari jarak spasi tulangan sejajar pada penampang balok sloof

Kontrol Spasi Jarak Tulangan Tarik

$$\begin{aligned} S_{\text{tarik}} &= \frac{(b - (2 \times t_{\text{selimut}}) - (2 \times D_{\text{geser}}) - (n \times D_{\text{lentur}}))}{(n - 1)} \\ &= \frac{(300\text{mm} - (2 \times 40\text{mm}) - (2 \times 10\text{mm}) - (2 \times 22\text{mm}))}{(2 - 1)} \\ &= 156\text{mm} \end{aligned}$$

Syarat

$$S_{maks} \geq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{maks} \leq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

$$S = 156 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \rightarrow \text{PASANG 1 LAPIS}$$

maka digunakan tulangan tarik 1 lapis :

Tulangan Tarik Lapis 1 : 2 D 22mm

Kontrol Spasi Jarak Tulangan Tekan

$$\begin{aligned} S_{\text{tekan}} &= \frac{(b - (2 \times t_{\text{selimut}}) - (2 \times D_{\text{geser}}) - (n \times D_{\text{lentur}}))}{(n - 1)} \\ &= \frac{(300 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 10 \text{ mm}) - (2 \times 22 \text{ mm}))}{(2 - 1)} \\ &= 156 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat

$$S_{maks} \geq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{maks} \leq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

$$S = 156 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \rightarrow \text{PASANG 1 LAPIS}$$

maka digunakan tulangan tekan 1 lapis :

Tulangan Tekan Lapis 1 : 2 D 22mm

Cek Syarat SRPMM Untuk Kekuatan Lentur Pada Balok Sloof

Kuat momen lentur negatif atau positif balok pada tengah bentang tidak boleh lebih kecil seperlima kuat momen lentur maksimum balok pada muka kolom

M lentur lapangan (-)/(+) $\geq 1/5 \times M$ lentur tumpuan maksimum

(SNI 03-2847-2002 psl. 23.10.4).(1)

Maka pada hal ini pengecekan dilakukna dengan meninjau tulangan pasang.

$$A_{s_{\text{pasang}}} = 759,88\text{mm}^2$$

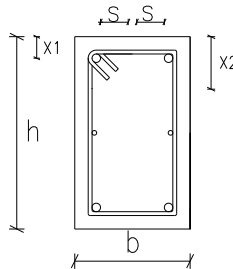
$$A_{s'_{\text{pasang}}} = 759,88\text{mm}^2$$

As pasang maksimum pada tumpuan :

$$759,88\text{mm}^2 > 1/5 \times 1519,76\text{mm}^2$$

$$759,88\text{mm}^2 > 303,952\text{mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Cek Kemampuan Penampang Tulangan Pasang



Gambar 4.113 Cek kemampuan penampang tulangan dari jarak spasi tulangan antar lapis pada penampang balok sloof

$$\begin{aligned} x_1 &= t_{\text{decking}} + \phi_{\text{geser}} - (1/2 \times D_{\text{lentur}}) \\ &= 40\text{mm} + 10\text{mm} - (1/2 \times 22\text{mm}) \\ &= 61\text{mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_2 &= t_{\text{decking}} + \phi_{\text{geser}} + D_{\text{lentur}} + S_{\text{antarlapis}} + (1/2 \times D_{\text{lentur}}) \\ &= 40\text{mm} + 10\text{mm} + 22\text{mm} + 25\text{mm} + (1/2 \times 22\text{mm}) \\ &= 108\text{mm} \end{aligned}$$

Maka y adalah

$$\begin{aligned} Y &= \frac{(n_{\text{lapis1}} \times \text{luasan} D_{\text{lentur}} \times X_1) + (n_{\text{lapis2}} \times \text{luasan} D_{\text{lentur}} \times X_2)}{(n \times D_{\text{lentur}} \times \text{Luasan} D_{\text{lentur}})} \\ &= \frac{(2 \times 379,94 \times 61) + (0 \times 379,94 \times 108)}{(2 \times 379,94)} \\ &= 61\text{mm} \end{aligned}$$

Tinggi efektif penampang :

$$\begin{aligned} d &= h_{\text{Balok Sloof}} - y \\ &= 500\text{mm} - 61\text{mm} \\ &= 439\text{mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d' &= h_{\text{Balok Sloof}} - d \\ &= 500\text{mm} - 439\text{mm} \\ &= 61\text{mm} \end{aligned}$$

Tinggi blok gaya tekan beton :

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_{\text{spasang}} \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} \\ &= \frac{759,88.400}{0,85.30.300} \\ &= 39,73229\text{mm} \end{aligned}$$

Gaya tekan beton

$$\begin{aligned} Cc' &= 0,85 \times f_c' \times b \times a \\ &= 0,85 \times 30\text{Mpa} \times 300\text{mm} \times 39,73229 \\ &= 303952\text{N} \end{aligned}$$

Cek Momen Nominal Pasang

$$\begin{aligned} M_n &= Cc' \left(d - \left(\frac{a}{2} \right) \right) \\ &= 303952 \times \left(439 - \left(\frac{39,73229}{2} \right) \right) \\ &= 127396574\text{N.mm} \end{aligned}$$

Syarat :

$M_{n\text{pasang}} \geq M_{n\text{perlu}}$, maka perencanaan OK

$M_{n\text{pasang}} \leq M_{n\text{perlu}}$, maka perencanaan TDK OK

Kontrol :

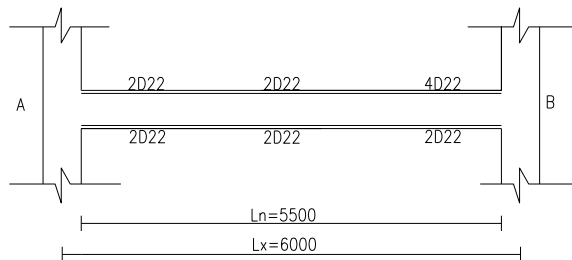
$$127396574 \text{ N.mm} \geq 57359912,5 \text{ N.mm}$$

Kesimpulan :

Penulangan lentur memenuhi

KONTROL KEMAMPUAN BALOK SLOOF

Pada pemasangan tulangan lentur perlu dilakukan pengecekan kekuatan kembali untuk menanggulangi apabila terjadi momen bolak-balik yang diakibatkan oleh gaya gempa yang diterima. Sehingga terdapat kemungkinan penulangan yang semulamenerima gaya tarik menjadi menerima gaya tekan dan sebaliknya



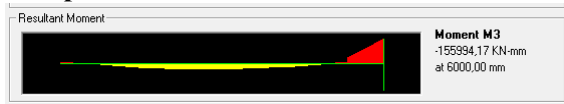
Gambar 4.114 Sketsa pemasangan tulangan lentur pada Balok Sloof yang ditinjau

Pada awal penyajian data gaya dalam yang terjadi pada Balok Sloof, dapat dilihat bahwa yang mengalami perubahan momen tumpuan kiri, maka perlu dilakukan pengecekan pada sisi tersebut.

Tumpuan kanan :



Tumpuan kiri :



Sesuai dengan output SAP2000, maka didapat nilai-nilai momen sebagai berikut :

Pada tumpuan kiri (akan terjadi pada tumpuan kanan jika terjadi gempa bolak balik) :

$$M(-) = 155994,17 \text{ N.mm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= M_u / \phi \\ &= 155994,17 \text{ N.mm} / 0,8 \\ &= 194992,7125 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

Momen sesuai dengan tulangan terpasang pada tumpuan kanan:

$$A_{S_{\text{pasang}}} = 2 \times D 22 = 759,88 \text{ mm}^2$$

$$A_{S'_{\text{pasang}}} = 2 \times D 22 = 759,88 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} \\ &= \frac{759,88 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 300} \\ &= 39,73229 \text{ mm} \end{aligned}$$

Gaya tekan beton

$$\begin{aligned} C_c' &= 0,85 \times f_c' \times b \times a \\ &= 0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 300 \text{ mm} \times 39,73229 \\ &= 303952 \text{ N} \end{aligned}$$

Cek Momen Nominal Pasang

$$\begin{aligned}
 M_n &= Cc' \left(d - \left(\frac{a}{2} \right) \right) \\
 &= 303952 \left(439 - \left(\frac{39,73229}{2} \right) \right) \\
 &= 127396574 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

Syarat :

$M_{n\text{pasang}} \geq M_{n\text{perlu}}$, maka perencanaan OK

$M_{n\text{pasang}} \leq M_{n\text{perlu}}$, maka perencanaan TDK OK

Kontrol :

$$127396574 \text{ N.mm} \leq 194992712,5 \text{ N.mm}$$

Kesimpulan :

Penulangan lentur tidak memenuhi

Karena momen nominal yang terjadi pada saat gempa bolak balik tidak dapat dipenuhi kebutuhannya oleh tulangan terpasang maka dipasang tulangan baru yakni tulangan tarik As 4D22, tulangan tekan As 2D22

Cek dengan memakai tulangan baru :

Momen baru dengan tulangan baru:

$$A_{s\text{pasang}} = 4 \times D 22 = 1519,76 \text{ mm}^2$$

$$A_{s'\text{pasang}} = 2 \times D 22 = 759,88 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_{s\text{pasang}} \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} \\
 &= \frac{1519,76 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 300} \\
 &= 79,46458 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Gaya tekan beton

$$\begin{aligned} Cc' &= 0,85 \times f_c' \times b \times a \\ &= 0,85 \times 30 \text{Mpa} \times 300 \text{mm} \times 79,46458 \\ &= 607904 \text{N} \end{aligned}$$

Cek Momen Nominal Pasang

$$\begin{aligned} M_n &= Cc' \left(d - \left(\frac{a}{2} \right) \right) \\ &= 607904 \left(439 - \left(\frac{79,46458}{2} \right) \right) \\ &= 242716439 \text{N.mm} \end{aligned}$$

Syarat :

$M_{n_{\text{pasang}}} \geq M_{n_{\text{perlu}}}$, maka perencanaan OK

$M_{n_{\text{pasang}}} \leq M_{n_{\text{perlu}}}$, maka perencanaan TDK OK

Kontrol :

$$242716439 \text{N.mm} \geq 194992712,5 \text{N.mm}$$

Kesimpulan :

Penulangan lentur memenuhi, maka dipakai :

Tulangan Tarik (AS) : 4 D22

Tulangan Tekan (AS') : 2 D22

(untuk perhitungan kemampuan tulangan tekan 2 D22 dalam memenuhi kebutuhan tulangan tekan dapat dilihat pada **perhitungan penulangan tumpuan kiribalok sloof As A-C/5 di Lantai dasar**)

5. Perhitungan Penulangan Geser Balok Sloof

Dengan data Balok Sloof sebagai berikut :

- F_c' = 30Mpa
- F_{yv} = 240Mpa
- β_1 = 0,85
- Φ reduksi = 0,75

(SNI 03-2847-2002 psl 11.3.2.3)

- Lebar (b) = 300mm
- Tinggi (h) = 500mm
- \emptyset tul. Sengkang = 10mm

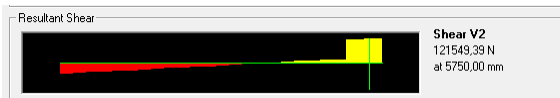
Dari perhitungan tuangan lentur pada Balok Sloof **B1 30/50 As A-C/5 di Lantai dasar**, didapat :

Mn-kiri (Mnl) = 242716439N.mm
(momen pasang)
Mn-kanan (Mnr) = 242716439N.mm
(momen pasang)

Dari hasil output dan diagram gaya dalam akibat kombinasi 1,2DL + 1,0LL, dari analisa Program SAP2000 didapatkan :

Gaya geser terfaktor (v_2) = 121549,39N

Dimana v_2 diambil pada tepat dimuka kolom



Gaya geser pada ujung perletakan diperoleh dari :

$$\begin{aligned}
 V_{u1} &= \frac{M_{nl} + M_{nr}}{\lambda n} + \frac{W_u + \lambda n}{2} \\
 &= \frac{M_{nl} + M_{nr}}{L_n} + V_u
 \end{aligned}$$

(SNI 03-2847-2002 psl 23.10.3).(1)

V_{u1} = Gaya geser pada muka perletakan
 M_{nL} = Momen nominal aktual Balok Sloof pada daerah tumpuan(kiri)
 M_{nR} = Momen nominal aktual Balok Sloof pada daerah tumpuan(kanan)
 L_m = Panjang Balok Sloof bersih

Maka V_{u1} :

$$\begin{aligned}
 &= \frac{M_{nL} + M_{nR}}{L_n} + V_{u_{\text{Tumpuan Kombinasi 1, 2DL+1, 0LL}}} \\
 &= \frac{242716439 + 242716439}{5500} + 121549,39 \\
 &= 188236,419\text{N}
 \end{aligned}$$

Syarat kuat tekan beton :

$$\sqrt{f_c'} \leq \frac{25}{3} \text{ Mpa}$$

(SNI 03-2847-2002 psl 13.1.2).(1)

$$\sqrt{30\text{Mpa}} \leq \frac{25}{3} \text{ Mpa}$$

$$5,4772\text{Mpa} \leq 8,33\text{Mpa}$$

Kuat geser beton :

$$\begin{aligned}
 V_c &= \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\
 &= \frac{1}{6} \times \sqrt{30\text{Mpa}} \times 300\text{mm} \times 439\text{mm} \\
 &= 120225,101\text{N}
 \end{aligned}$$

Kuat geser tulangan geser :

$$\begin{aligned}
 V_{s_{\min}} &= \frac{1}{3} \times b \times d \\
 &= \frac{1}{3} \times 300\text{mm} \times 439\text{mm} \\
 &= 43900\text{N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{s_{\max}} &= \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\
 &= \frac{1}{3} \times \sqrt{30 \text{ Mpa}} \times 300 \text{ mm} \times 439 \text{ mm} \\
 &= 240450,2 \text{ N}
 \end{aligned}$$

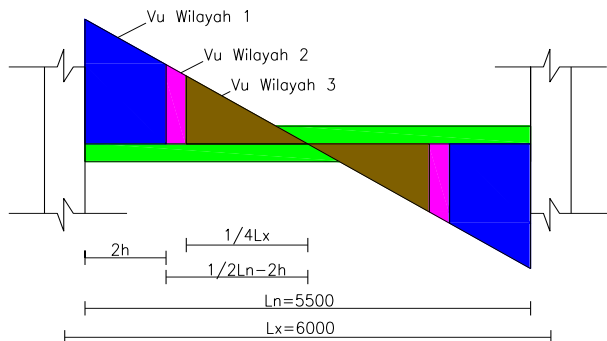
$$\begin{aligned}
 2V_{s_{\max}} &= \frac{2}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\
 &= \frac{2}{3} \times \sqrt{30 \text{ Mpa}} \times 300 \text{ mm} \times 439 \text{ mm} \\
 &= 480900,4055 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Pembagian Wilayah Geser Balok Sloof

Wilayah Balok Sloof dibagi menjadi 3 wilayah yaitu :

1. Wilayah 1 sejarak dua kali tinggi Balok Sloof dari muka kolom
2. Wilayah 2 dimulai dari akhir wilayah 1 sampai ke $\frac{1}{4}$ bentang Balok Sloof
3. Wilayah 3 dimulai dari akhir wilayah 2 sampai ke $\frac{1}{2}$ bentang Balok Sloof

(SNI 03-2847-2002 psl 13.1.2).(1)



Gambar 4.115 Diagram gaya geser pada Balok Sloof

Penulangan Geser Balok Sloof**Wilayah 1**

$$V_{u1} = 209809,913 \text{ N}$$

Cek kondisi :

Syarat :

Kondisi 1

$$V_u \leq 0,5 \times \phi \times V_c$$

Kondisi 2

$$0,5 \times \phi \times V_c \leq V_u \leq \phi \times V_c$$

Kondisi 3

$$\phi \times V_c < V_u \leq \phi(V_c + V_{s_{\min}})$$

Kondisi 4

$$\phi(V_c + V_{s_{\min}}) \leq V_u \leq \phi(V_c + V_{s_{\max}})$$

Kondisi 5

$$\phi(V_c + V_{s_{\min}}) \leq V_u \leq \phi(V_c + 2V_{s_{\max}})$$

Kontrol :

Kondisi 4

$$\phi(V_c + V_{s_{\min}}) \leq V_u \leq \phi(V_c + V_{s_{\max}})$$

$$0,75(120225,101 + 43900) \leq 209809,913 \leq$$

$$0,75(120225,101 + 240450,2)$$

$$123093,826 \leq 209809,913 \leq 270506,4781$$

Maka :

Penulangan Geser Pada Kondisi 4

Tulangan geser :

$$V_u = \Phi \cdot V_n$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 13.1.1)

$$V_u = \Phi \cdot V_c + \Phi \cdot V_s$$

$$\Phi \cdot V_s = V_u - \Phi \cdot V_c$$

$$\begin{aligned}
 V_s &= \frac{V_u - (\Phi \times V_c)}{\Phi} \\
 &= \frac{209809,913 - (0,75 \times 120225,101)}{0,75} \\
 &= 159521\text{N}
 \end{aligned}$$

Luasan tulangan geser :

$$\begin{aligned}
 A_v &= \frac{V_s \times S}{f_y \times d} \\
 &= \frac{A_v}{S} = \frac{V_s}{f_y \times d} = \frac{159521}{240 \times 439} \\
 &= 1,51406\text{mm}^2/\text{mm}
 \end{aligned}$$

Spasi maksimum adalah :

$$\begin{aligned}
 S_{\max} &= \frac{d}{2} \leq 600\text{mm} \\
 &= \frac{439}{2} \leq 600\text{mm} \\
 &= 219,5\text{mm}
 \end{aligned}$$

Digunakan sengkang 2 kaki :

$$\emptyset = 10\text{mm}$$

$$\begin{aligned}
 A_v &= 2 \times A_s \\
 &= 2 \times 0,25 \times \pi \times (10\text{mm})^2 \\
 &= 157,08 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Luasan tulangan geser :

$$\begin{aligned}
 \frac{A_{\text{tot}}}{S} &= \frac{A_v}{S} + 2 \frac{A_t}{S} \\
 &= 1,51406 + 1,44894 \\
 &= 2,963
 \end{aligned}$$

Maka didapatkan nilai :

$$\begin{aligned}
 S_{\text{Perlu}} &= \frac{A_v}{A_{\text{tot}}/S} \\
 &= \frac{157,08}{2,963} \\
 &= 52,9868\text{mm}
 \end{aligned}$$

Cek Spasi Tulangan Geser

$$S_{\text{rencana}} = 50\text{mm}$$

$$\text{Syarat} =$$

$$S_{\text{pakai}} \leq S_{\text{perlu}}$$

$$S_{\text{pakai}} \leq d/4 \text{ pada daerah tumpuan}$$

$$S_{\text{pakai}} \leq 8 D_{\text{lentur}}$$

$$S_{\text{pakai}} \leq 24 \phi_{\text{geser}}$$

$$S_{\text{pakai}} \leq 300\text{mm}$$

(SNI 03-2847-2002 psl 23.10.4)

Kontrol :

$$50\text{mm} \leq 52,9868\text{mm} \quad (\text{memenuhi})$$

$$50\text{mm} \leq 109,75\text{mm} \quad (\text{memenuhi})$$

$$50\text{mm} \leq 176\text{mm} \quad (\text{memenuhi})$$

$$50\text{mm} \leq 240\text{mm} \quad (\text{memenuhi})$$

$$50\text{mm} \leq 300\text{mm} \quad (\text{memenuhi})$$

Maka :

- Dipasang $\phi 10$ -50mm (dengan sengkang 2 kaki)
- Sengkang pertama dipasang $\leq 50\text{mm}$ dari muka kolom

(SNI 03-2847-2002 psl 23.10.4)(2)

Wilayah 2

$$\begin{aligned}
 V_{u_2} &= \frac{V_{u_1} \times \left(\frac{1}{2} L_n - 2h \right)}{\frac{1}{2} L_n} \\
 &= \frac{209809,913 \times \left(\frac{1}{2} 5500 - 1000 \right)}{\frac{1}{2} \times 5500} \\
 &= 133515,399\text{N}
 \end{aligned}$$

Cek kondisi :

Syarat :

Kondisi 1

$$V_u \leq 0,5 \times \phi \times V_c$$

Kondisi 2

$$0,5 \times \phi \times V_c \leq V_u \leq \phi \times V_c$$

Kondisi 3

$$\phi \times V_c < V_u \leq \phi(V_c + V_{s_{\min}})$$

Kondisi 4

$$\phi(V_c + V_{s_{\min}}) \leq V_u \leq \phi(V_c + V_{s_{\max}})$$

Kondisi 5

$$\phi(V_c + V_{s_{\min}}) \leq V_u \leq \phi(V_c + 2V_{s_{\max}})$$

Kontrol :

Kondisi 4

$$\begin{aligned}
 \phi(V_c + V_{s_{\min}}) &\leq V_u \leq \phi(V_c + V_{s_{\max}}) \\
 0,75(120225,101 + 43900) &\leq 133515,399 \leq \\
 0,75(120225,101 + 240450,2) & \\
 123093,826 &\leq 133515,399 \leq 270506,4781
 \end{aligned}$$

Maka :

Penulangan Geser Pada Kondisi 4

Tulangan geser :

$$V_u = \Phi \cdot V_n$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 13.1.1)

$$V_u = \Phi \cdot V_c + \Phi \cdot V_s$$

$$\Phi \cdot V_s = V_u - \Phi \cdot V_c$$

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{V_u - (\Phi \times V_c)}{\Phi} \\ &= \frac{133515,399 - (0,75 \times 120225,101)}{0,75} \\ &= 57795,4N \end{aligned}$$

Luasan tulangan geser :

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{V_s \times S}{f_y \times d} \\ &= \frac{A_v}{S} = \frac{V_s}{f_y \times d} = \frac{57795,4}{240 \times 439} \\ &= 0,54855 \text{ mm}^2/\text{mm} \end{aligned}$$

Spasi maksimum adalah

$$\begin{aligned} S_{\max} &= \frac{d}{2} \leq 600 \text{ mm} \\ &= \frac{439}{2} \leq 600 \text{ mm} \\ &= 219,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Digunakan sengkang 2 kaki :

$$\emptyset = 10 \text{ mm}$$

$$A_v = 2 \times A_s$$

$$\begin{aligned} &= 2 \times 0,25 \times \pi \times (10 \text{ mm})^2 \\ &= 157,08 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan tulangan geser :

$$\begin{aligned}\frac{A_{tot}}{S} &= \frac{A_v}{S} + 2 \frac{A_t}{S} \\ &= 0,54855 + 1,44894 \\ &= 1,99975\end{aligned}$$

Maka didapatkan nilai :

$$\begin{aligned}S_{Perlu} &= \frac{A_v}{A_{tot}/S} \\ &= \frac{157,08}{1,99975} \\ &= 78,5984\text{mm}\end{aligned}$$

Cek Spasi Tulangan Geser

$$S_{rencana} = 75\text{mm}$$

$$Syarat =$$

$$S_{pakai} \leq S_{perlu}$$

$$S_{pakai} \leq 8 D_{lentur}$$

$$S_{pakai} \leq 24 \phi_{geser}$$

$$S_{pakai} \leq 300\text{mm}$$

(SNI 03-2847-2002 psl 23.10.4)

Kontrol :

$$75\text{mm} \leq 78,5984\text{mm} \quad (\text{memenuhi})$$

$$75\text{mm} \leq 176\text{mm} \quad (\text{memenuhi})$$

$$75\text{mm} \leq 240\text{mm} \quad (\text{memenuhi})$$

$$75\text{mm} \leq 300\text{mm} \quad (\text{memenuhi})$$

Maka :

- Dipasang $\phi 10$ -75mm (dengan sengkang 2 kaki)
- Sengkang pertama dipasang $\leq 50\text{mm}$ dari muka kolom

(SNI 03-2847-2002 psl 23.10.4)(2)

Wilayah 3

$$\begin{aligned}
 V_{u_3} &= \frac{V_{u_1} \times \left(\frac{1}{4} L_x \right)}{\frac{1}{2} L_n} \\
 &= \frac{209809,913 \times \left(\frac{1}{4} \times 6000 \right)}{\frac{1}{2} 5500} \\
 V_{u_3} &= 114441,771 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Cek kondisi :

Syarat :

Kondisi 1

$$V_u \leq 0,5 \times \phi \times V_c$$

Kondisi 2

$$0,5 \times \phi \times V_c \leq V_u \leq \phi \times V_c$$

Kondisi 3

$$\phi \times V_c < V_u \leq \phi(V_c + V_{s_{\min}})$$

Kondisi 4

$$\phi(V_c + V_{s_{\min}}) \leq V_u \leq \phi(V_c + V_{s_{\max}})$$

Kondisi 5

$$\phi(V_c + V_{s_{\min}}) \leq V_u \leq \phi(V_c + 2V_{s_{\max}})$$

Kontrol :

Kondisi 3

$$\phi \times V_c < V_u \leq \phi(V_c + V_{s_{\min}})$$

$$0,75(120225,101) \leq 114441,771 \leq$$

$$0,75(120225,101 + 43900)$$

$$90168,82603 \leq 114441,771 \leq 123093,826$$

Maka :

Penulangan Geser Pada Kondisi 3

Luasan tulangan geser :

$$A_v = \frac{V_s \times s}{f_y \times d}$$

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_{s_{\min}}}{f_y \times d}$$

$$= \frac{43900}{240 \times 439}$$

$$= 0,41667 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Spasi maksimum adalah

$$S_{\max} = \frac{d}{2} \leq 600 \text{ mm}$$

$$= \frac{439}{2} \leq 600 \text{ mm}$$

$$= 219,5 \text{ mm}$$

Digunakan sengkang 2 kaki :

$$\emptyset = 10 \text{ mm}$$

$$A_v = 2 \times A_s$$

$$= 2 \times 0,25 \times \pi \times (10 \text{ mm})^2$$

$$= 157,08 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan geser :

$$\frac{A_{\text{tot}}}{S} = \frac{A_v}{S} + 2 \frac{A_t}{S}$$

$$= 0,41667 + 1,44894$$

$$= 1,86561$$

Maka didapatkan nilai :

$$\begin{aligned}
 S_{\text{Perlu}} &= \frac{A_v}{A_{\text{tot}}/S} \\
 &= \frac{157,08}{1,86561} \\
 &= 84,1548\text{mm}
 \end{aligned}$$

Cek Spasi Tulangan Geser

$$S_{\text{rencana}} = 80\text{mm}$$

$$\text{Syarat} =$$

$$S_{\text{pakai}} \leq S_{\text{perlu}}$$

$$S_{\text{pakai}} \leq d/4 \text{ pada daerah tumpuan}$$

$$S_{\text{pakai}} \leq 8 D_{\text{lentur}}$$

$$S_{\text{pakai}} \leq 24 \phi_{\text{geser}}$$

$$S_{\text{pakai}} \leq 300\text{mm}$$

(SNI 03-2847-2002 psl 23.10.4)

Kontrol :

$$80\text{mm} \leq 84,1548\text{mm} \quad (\text{memenuhi})$$

$$80\text{mm} \leq 109,75\text{mm} \quad (\text{memenuhi})$$

$$80\text{mm} \leq 176\text{mm} \quad (\text{memenuhi})$$

$$80\text{mm} \leq 240\text{mm} \quad (\text{memenuhi})$$

$$80\text{mm} \leq 300\text{mm} \quad (\text{memenuhi})$$

Maka :

- Dipasang $\phi 10$ -80mm (dengan sengkang 2 kaki)
- Sengkang pertama dipasang $\leq 50\text{mm}$ dari muka kolom

(SNI 03-2847-2002 psl 23.10.4)(2)

6. Panjang Penyaluran Tulangan

Gaya tarik dan tekan pada tulangan di setiap penampang komponen struktur beton bertulang harus disalurkan pada masing-masing sisi penampang melalui penyaluran tulangan. Adapun perhitungan penyaluran tulangan berdasarkan **SNI 03-2847-2002 psl.14.**

Penyaluran Tulangan Dalam Kondisi Tarik

Penyaluran tulangan dalam kondisi tarik dihitung berdasarkan SNI 03-2847-2002 psl.14.2.

Panjang penyaluran tidak boleh kurang dari 300mm
(**SNI 03-2847-2002 psl.14.2.1**)

λ_d = panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tarik

d_b = diameter tulangan

α = faktor lokasi penulangan = 1

β = faktor pelapis = 1

(**SNI 03-2847-2002 psl.14.2.4**)

λ = faktor digunakannya agregat ringan = 1

(**SNI 03-2847-2002 psl.14.2.4**)

$$\frac{\lambda d}{d_b} = \frac{3 \times f_y \times \alpha \times \beta \times \lambda}{5 \times \sqrt{f_c'}} \geq 300 \text{ mm}$$

(**SNI 03-2847-2002 psl.14.2.2**)

$$\begin{aligned} \lambda d &= \frac{3 \times f_y \times \alpha \times \beta \times \lambda \times d_b}{5 \times \sqrt{f_c'}} \geq 300 \text{ mm} \\ &= \frac{3 \times 400 \times 1 \times 1 \times 1 \times 22}{5 \times \sqrt{30}} \geq 300 \text{ mm} \\ &= 963,9917012 \text{ mm} \geq 300 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \lambda_{\text{reduksi}} &= \frac{A_{s_{\text{Perlu}}}}{A_{s_{\text{Pasang}}}} \times \lambda_d \\
 &= \frac{1330,311559}{1519,76} \times 963,9917012 \\
 &= 843,8235663\text{mm}
 \end{aligned}$$

(SNI 03-2847-2002 psl.14.2.5)

Maka panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tarik 850mm

Penyaluran Tulangan Berkait Dalam Kondisi Tarik

Penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik dihitung berdasarkan SNI 03-2847-2002 psl.14.5.

- Panjang penyaluran tidak boleh kurang dari 150mm
(SNI 03-2847-2002 psl.14.5.1)
- Berdasarkan **SNI 03-2847-2002 psl.14.5.2** panjang penyaluran dasar untuk suatu batang tulangan tarik pada penampang tepi atau atau yang berakhir dengan kaitan adalah :

$$\begin{aligned}
 \lambda_{hb} &= \frac{100 \times db}{\sqrt{f_c'}} \geq 8 \times db \\
 &= \frac{100 \times 22}{\sqrt{30\text{Mpa}}} \geq 8 \times 22\text{mm} \\
 &= 401,6632088\text{mm} \geq 160\text{mm}
 \end{aligned}$$

(SNI 03-2847-2002 psl.14.5.2)

$$\lambda_{hb \text{ reduksi}} = F \text{ modifikasi} \times \lambda_{hb} \leq 150\text{mm}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{A_{s_{\text{Perlu}}}}{A_{s_{\text{Pasang}}}} \times \lambda_{hb} \geq 150\text{mm} \\
 &= \frac{1330,31159}{1519,76} \times 401,6632 \geq 150\text{mm} \\
 &= 351,5931526\text{mm} \geq 150\text{mm}
 \end{aligned}$$

(SNI 03-2847-2002 psl.14.5.3)(2)

- Maka panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik 360mm

Penyaluran Tulangan Dalam Kondisi Tekan

Penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tekandihitung berdasarkan SNI 03-2847-2002 psl.14.3.

- Panjang penyaluran tidak boleh kurang dari 200mm
(SNI 03-2847-2002 psl.14.3.1)

$$\begin{aligned}\lambda_{db} &= \frac{d_b \times f_y}{4\sqrt{f_c'}} \geq 0,04 \times d_b \times f_y \\ &= \frac{22 \times 400}{4\sqrt{30}} \geq 0,04 \times 22 \times 400 \\ &= 401,6632088\text{mm} \geq 352\text{mm}\end{aligned}$$

(SNI 03-2847-2002 psl.14.3.2)

$$\begin{aligned}\lambda_{db \text{ reduksi}} &= F \text{ modifikasi} \times \lambda_{db} \leq 200\text{mm} \\ &= \frac{A_{s_{\text{Perlu}}}}{A_{s_{\text{Pasang}}}} \times \lambda_{db} \geq 200\text{mm} \\ &= \frac{1330,311559}{1519,76} \times 401,663208 \geq 200\text{mm} \\ &= 351,5931526\text{mm} \geq 200\text{mm}\end{aligned}$$

Maka dipasang sepanjang mm

(SNI 03-2847-2002 psl.14.3.3)(2)

- Maka panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik 360mm

Kontrol Retak

(SNI 03-2847-2002 psl.12.6)

$$\begin{aligned}Z &= f_s \sqrt[3]{d_c A} \\ &\leq 30\text{MN/m untuk struktur di dalam ruangan} \\ &\leq 25\text{MN/m untuk penampang yang} \\ &\quad \text{dipengaruhi cuaca luar}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d_c &= \text{decking} + 0,5 \text{ } \phi \text{ tulangan} \\
 &= 40 + (0,5 \times 22) \\
 &= 51 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$A = \frac{2d_c \times b_w}{n} ; \text{ dengan } n \text{ adalah jumlah tulangan}$$

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{2 \times 51 \times 300}{4} \\
 &= 7650 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z &= 0,6 \times 400 \times \sqrt[3]{(51 \times 7650)} \\
 &= 17536,99 \text{ N/mm} \\
 &= 17,53699 \text{ MN/mm} \leq 30 \text{ MN/m (OKE)}
 \end{aligned}$$

Sebagai alternatif terhadap perhitungan nilai z , dapat dilakukan perhitungan lebar retak yang diberikan oleh :

$$\begin{aligned}
 W &= 11 \times 10^{-6} \times \beta \times f_s \sqrt[3]{d_c A} \\
 &= 11 \times 10^{-6} \times 0,85 \times 0,6 \times 400^3 \sqrt[3]{51 \times 7650} \\
 &= 0,163971 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

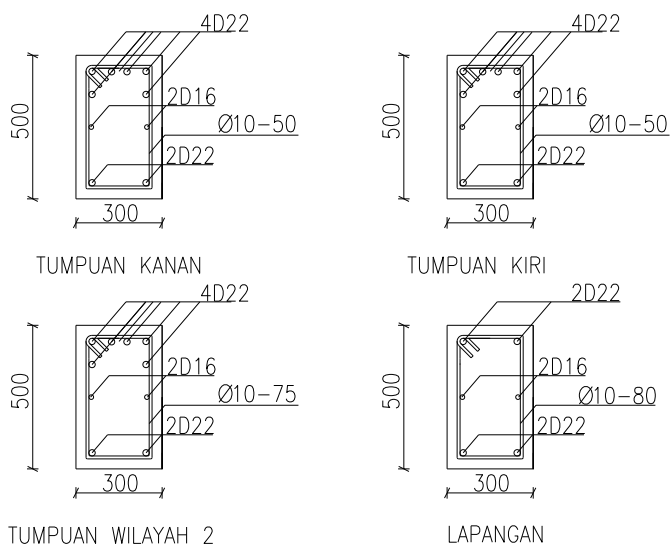
Nilai lebar retak yang diperoleh tidak boleh melebihi 0,4mm untuk penampang didalam ruangan dan 0,3mm untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar, dimana $\beta = 0,85$ untuk $f_c' \leq 30 \text{ Mpa}$

Gambar Penulangan Balok Sloof

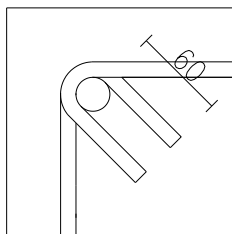
Panjang kait ditentukan sejarak

$$\begin{aligned}
 6d &= 6 \times 10 \text{ mm} \\
 &= 60 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

(PBBI 1971, Bab 8.2)

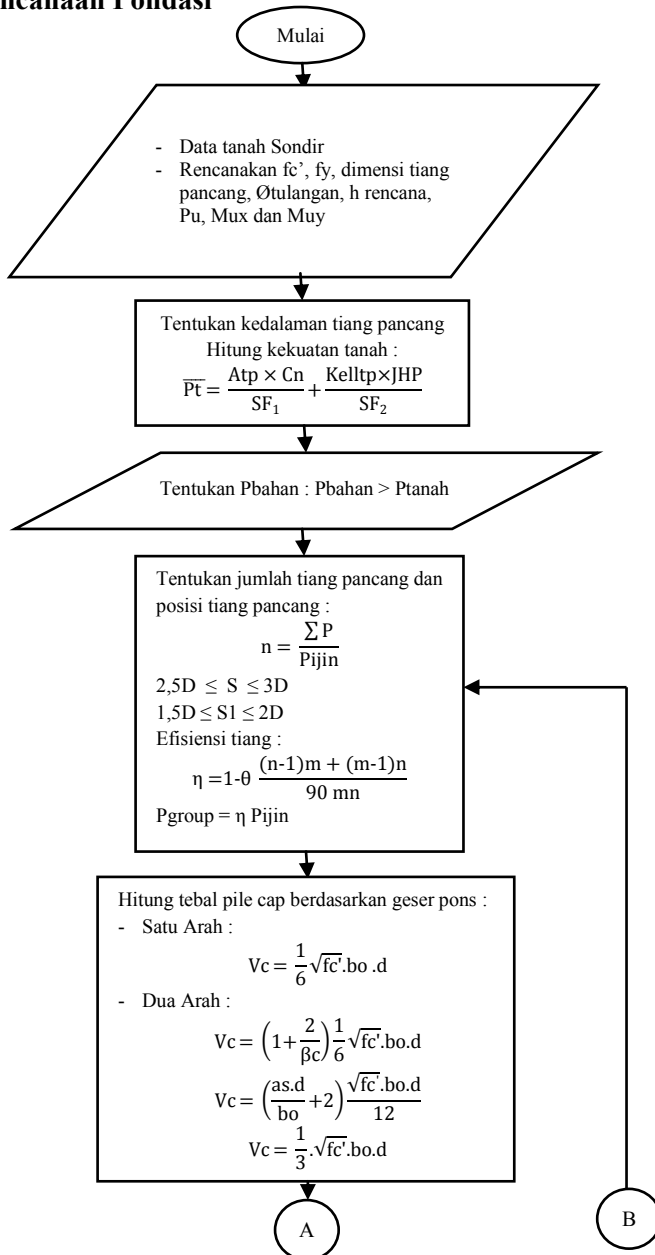


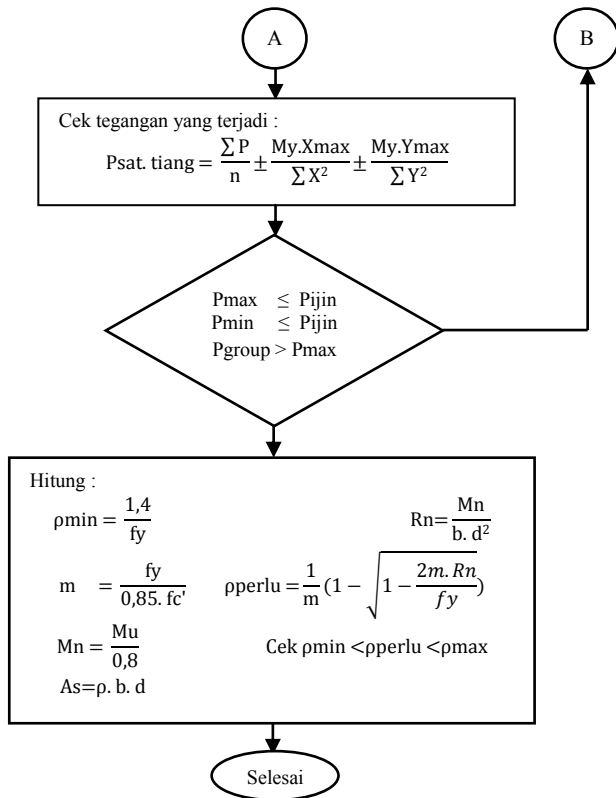
Gambar 4.116 Sketsa Penampang Balok Sloof Induk 30-50 As F/6-7



Gambar 4.117 Sketsa Pembengkokan Tulangan Pada Tulangan Geser

4.8 Perencanaan Pondasi





Gambar. 4.118 Diagram alir Penulangan Poer

Pondasi merupakan bangunan struktur bawah yang berfungsi sebagai perantara dalam meneruskan beban bagian atas dan gaya-gaya yang bekerja pada pondasi tersebut ke tanah pendukung di bawahnya.

Perencanaan bangunan bawah atau pondasi suatu struktur bangunan harus mempertimbangkan beberapa hal diantaranya jenis, kondisi dan struktur tanah. Hal ini terkait dengan kemampuan atau daya dukung tanah dalam memikul beban yang terjadi di atasnya. Perencanaan yang baik menghasilkan pondasi yang tidak hanya aman, namun juga efisien, ekonomis dan memungkinkan pelaksanaannya

4.8.1 Perencanaan Pondasi Tipe 1

Adapun data-data dalam perencanaan pondasi adalah :

- Kedalaman tiang pancang $= 24,2\text{m}$
- Diameter tiang pancang $= 40\text{cm}$
- Keliling tiang pancang (Kel_{tp}) $= \pi \times d$
 $= \pi \times 40\text{cm}$
 $= 125,66\text{cm}$
- Luas tiang pancang (A_{tp}) $= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$
 $= \frac{1}{4} \times \pi \times 40^2$
 $= 1256,637\text{cm}^2$
- Tebal selimut tebal $= 75\text{mm}$
(SNI 03-2847-2002 ps 9.7.1.)a
- Mutu beton (fc') :
 Poer $= 30\text{Mpa}$
 Tiang Pancang (Wika Tipe B) $= 60\text{Mpa}$
- Mutu baja poer (fy) $= 400\text{Mpa}$

1. Perhitungan daya dukung ijin (P_{ijin})

Daya dukung ijin pondasi dalam dihitung berdasarkan nilai conus dari hasil sondir dengan *Metode Meyerhoff* dan faktor keamanan, $SF_1 = 3$ dan $SF_2 = 5$. Dari data sondir dengan kedalaman 24,2m maka conus rata-rata

adalah diambil sebesar 4D diatas dan 2D di bawah Tiang Pancang

Tabel 4.2 Tabel Rata-rata Conus Kg/cm²

No.	Kedalaman (m)	Nilai Conus (kg/cm ²)	<i>JHP</i> (kg/cm)
1	22,6	60	170
2	22,8	55	175
3	23	50	180
4	23,2	60	183,3
5	23,4	70	187,5
6	23,6	80	190
7	23,8	85	195
8	24	80	198
9	24,2	100	202
10	24,4	140	207
11	24,6	150	210
12	24,8	160	215
13	25	180	220
	Rata-rata Conus =	97,6923 1	

2. Kekuatan tanah dan kekuatan bahan

$$\begin{aligned}
 \overline{P_t} &= \frac{A_{tp} \times C_n}{SF_1} + \frac{Kell_{tp} \times JHP}{SF_2} \\
 &= \frac{1256,637 \times 97,69231}{3} + \frac{125,66 \times 202}{5} \\
 &= 45,998 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Sedangkan kekuatan bahan berdasarkan data tiang pancang milik **PT. Wijaya Karya Beton** untuk diameter 40cm (tipe B), diperoleh :

$$\overline{P}_b = 114500\text{kg} = 114,5\text{ton}$$

$$P_{\text{bahan}} \geq P_{\text{ijin tanah}} \quad \dots \text{OK}$$

3. Kelompok tiang pancang

Kebutuhan tiang pancang :

Diketahui output SAP dari joint 79 (As E/6) :

Akibat Beban tetap :

(1DL+1LL)

$$P = 128783,31\text{kg}$$

$$= 128,783\text{Ton}$$

Akibat beban sementara

(1DL+1LL+EQX)

$$P = 133014\text{Kg}$$

$$= 133,014\text{Ton}$$

(1DL+1LL+EQY)

$$P = 121129,27,94\text{Kg}$$

$$= 121,129\text{Ton}$$

$$N = \frac{\sum P}{P_{\text{ijintanah}}} = \frac{133,014}{45,998} = 2,892\text{buah}$$

Direncanakan dipasang tiang pancang sejumlah 4 buah

Syarat jarak antar tiang pancang (s)

Berdasarkan *Karl Terzaghi dan Ralph R. Pack* dalam bukunya *Mekanika Tanah dalam Paktek Rekayasa, Jilid 2* disebutkan bahwa

$$2,5D \leq s \leq 3D$$

$$2,5 \times 40 \leq s \leq 3 \times 40$$

$$100\text{cm} \leq s \leq 120\text{cm}$$

Dipakai $s = 100\text{cm}$ untuk arah x dan $s = 100\text{cm}$ untuk arah y

Syarat jarak tepi poer ke tiang (s')

$$\begin{aligned} 1,5D &\leq s' \leq 2D \\ 1,5 \times 40 &\leq s' \leq 2 \times 40 \\ 60 &\leq s' \leq 80 \end{aligned}$$

Dipakai $s' = 60\text{cm}$

4. Kelompok tiang pancang perhiungan daya dukung pile berdasarkan efisiensi dengan metode AASHTO

$$\text{Efisiensi } (\eta) = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90.m.n}$$

Dimana :

M = banyaknya kolom

n = banyaknya garis

D = diameter tiang pancang

S = jarak antar As tiang pancang

Θ = arc tg D/s
 = arc tg $40/100$
 = $21,801$

$$(\eta) = 1 - 21,801 \frac{(2-1)2 + (2-1)2}{90 \times 2 \times 2} = 0,76$$

$$\begin{aligned} P_{\text{ijjin tanah}} &= \eta \times P_{\text{ijjin tanah}} \\ &= 0,76 \times 45,998\text{kg} \\ &= 34958,48\text{kg} < P_{\text{ijjin bahan}} \\ &= 34958,48\text{kg} < 114500\text{kg} \dots \text{OK} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{ijjin tanah total}} &= \text{jumlah tiang} \times P_{\text{ijjin tanah}} \\ &= 4 \times 34958,48\text{kg} \\ &= 139833,9\text{kg} \end{aligned}$$

5. Perencanaan Tebal *Pile Cap* (Poer)

$$\begin{aligned}\text{Reaksi perlawanan tanah } q_t &= \frac{\sum P_{\text{total}}}{\text{Luasan Poer}} \\ q_t &= \frac{139833,9}{2200 \times 2200} \\ q_t &= 0,288913\end{aligned}$$

Hitung d (tinggi manfaat yang diperlukan dengan anggapan kerja balok lebar dan kerja balok 2 arah. Ambil nilai d terbesar diantara keduanya).

6. Geser satu arah pada poer

Luasan tributari A_t (mm²)

$$\begin{aligned}A_t &= \frac{2200 - 500 - 2d}{2} \times 2200 \\ &= 1870000 - 2200d\end{aligned}$$

Beban Gaya Geser V_u (N)

$$\begin{aligned}V_u &= q_t \times A_t \\ &= 0,28891 \times (1870000 - 2200d) \\ &= 540267,4 - 635,6087d\end{aligned}$$

Gaya geser yang mampu dipikul oleh beton V_c (N)

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

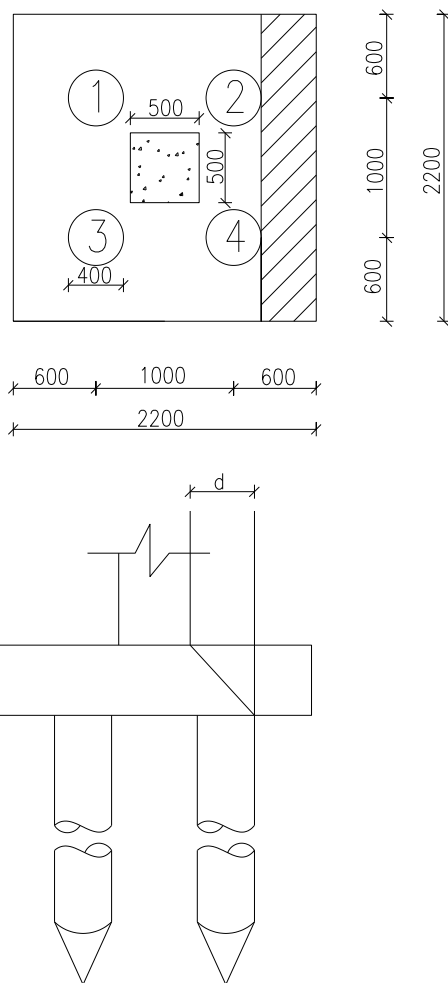
(SNI 03-2847-2002 Ps 13.8.6)

$$\phi V_c \geq V_u$$

$$0,75 \times \frac{1}{6} \times \sqrt{30} \times 2200 \times d \geq 540267,4 - 635,6087d$$

$$1506,237d \geq 540267,4 - 635,6087d$$

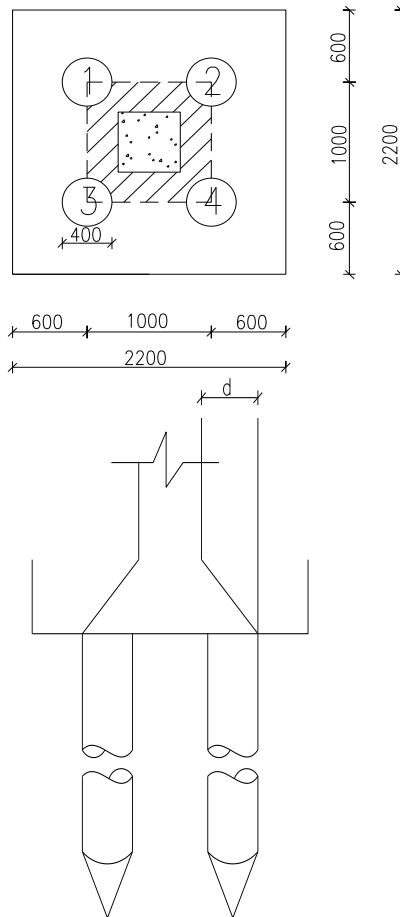
$$D \geq 252,24463 \text{ mm}$$



Bidang kritis sejauh d dari muka kolom. (SNI 03-2847-2002 psl. 13.1.(3), gbr 7)

Gambar 4.119 Geser satu arah pada poer

7. Geser dua arah pada poer



Bidang kritis tidak boleh lebih dekat dari $d/2$, dari keempat sisi muka kolom. **(SNI 03-2847-2002 psl. 13.12.(2))**

Gambar 4.120 Geser dua arah pada poer

Berdasarkan SNI 03-2847-2002, psl. 13.12(2) poin (a), (b), dan (c), untuk beton non prategang, maka V_c harus memenuhi persamaan berikut dengan mengambil nilai V_c terkecil.

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

Dimana :

B_c = rasio dari sisi panjang terhadap sisi pendek kolom

$$\beta_c = 500/500 \\ = 1$$

b_o = keliling dari penampang kritis

$$V_c = \left(\frac{\alpha_s \times d}{b_o} + 1\right) \frac{\sqrt{f_c'} \times b \times d}{12}$$

Dimana :

α_s = 40 untuk kolom dalam

$$V_c = \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

Luasan tributari $A_t(\text{mm}^2)$

$$A_t = (L_{\text{poer}} \times B_{\text{poer}}) - ((L_{\text{kolom}} + \text{tebal}_{\text{poer}}) \times (B_{\text{kolom}} + \text{tebal}_{\text{poer}}))$$

$$A_t = (2200 \times 2200) - (500 + d) \times (500 + d)$$

$$A_t = 4840000 - (250000 + 1000d + d^2) \\ = 4590000 - 1000d - d^2$$

$$V_u = q_t \times A_t$$

$$= 0,288913 \times (-d^2 - 1000d + 4590000)$$

$$= -0,28891d^2 - 288,913d + 1326110,7$$

SNI 03-2847-2002, psl. 13.12(2) poin (a)

$$\begin{aligned}
 V_c &= \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \times b_o \times d \\
 &= \left(1 + \frac{2}{1}\right) \frac{1}{6} \sqrt{30} \times (2 \times (500 + 500) + 4d) \times d \\
 &= 2,739d \times (2000 + 4d) \\
 &= 5477,226d + 10,95445d^2
 \end{aligned}$$

$$V_c \geq V_u$$

$$5477,226d + 10,95445d^2 \geq -0,28891d^2 - 288,913d + 1326110,7$$

$$11,24336d^2 + 5766,139d - 1326110,7 \geq 0$$

$$d^2 + 512,847 - 117946,1 \geq 0$$

$$d_{1,2} \geq \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$d_{1,2} \geq \frac{-512,847 \pm \sqrt{512,847^2 - 4(1)(-117946,1)}}{2(1)}$$

$$d_1 \geq 172,17757$$

$$d_2 \geq -685,0259$$

akar yang memenuhi syarat adalah : $d \geq 172,17757\text{mm}$

SNI 03-2847-2002, psl. 13.12(2) poin (b)

$$\begin{aligned}
 V_c &= \left(\frac{\alpha_s \times d}{b_o} + 2\right) \frac{\sqrt{f_c'} \times b_o \times d}{12} \\
 &= \left(\frac{40 \times d}{2000 + 4d} + 2\right) \frac{\sqrt{30} \times (2000 + 4d) \times d}{12} \\
 &= 18,258d^2 + 1829,3933d
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi V_c &\geq V_u \\ 18,258d^2 + 1829,3933d &\geq -0,28891d^2 - \\ 288,913d + 1326110,7\end{aligned}$$

$$18,54691d^2 + 2118,306d - 1326110,7 \geq 0$$

$$d^2 + 114,2134d - 71500,36 \geq 0$$

$$d_{1,2} \geq \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$d_{1,2} \geq \frac{-114,2134 \pm \sqrt{114,2134^2 - 4(1)(-71500,36)}}{2(1)}$$

$$d_1 \geq 216,3188$$

$$d_2 \geq -330,532$$

akar yang memenuhi syarat adalah : $d \geq 216,3188\text{mm}$

SNI 03-2847-2002, psl. 13.12(2) poin (c)

$$\begin{aligned}V_c &= \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \times b_o \times d \\ &= \frac{1}{3} \sqrt{30} \times (2000 + 4d) \times d \\ &= 3651,4837d + 7,302967d^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi V_c &\geq V_u \\ 3651,4837d + 7,302967d^2 &\geq -0,28891d^2 - \\ 288,913d + 1326110,7\end{aligned}$$

$$3940,397d + 7,591877d^2 - 1326110,7 \geq 0$$

$$d^2 + 519,028d - 174674,9 \geq 0$$

$$d_{1,2} \geq \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$d_{1,2} \geq \frac{-519,028 \pm \sqrt{519,028^2 - (4(1)(-174674,9))}}{2(1)}$$

$$d_1 \geq 232,44379$$

$$d_2 \geq -751,4718$$

akar yang memenuhi syarat adalah : $d \geq 232,44379\text{mm}$

dari persamaan diatas didapat harga d yang paling memenuhi $d \geq 232,44379\text{mm}$ (terbesar nilainya)

$$\begin{aligned} \text{jadi tebal poer : } h &= \frac{d}{0,9} = \frac{232,44379}{0,9} = 258,27088\text{mm} \\ &= 500\text{mm} \end{aligned}$$

8. Daya Dukung Tiang Dalam Kelompok

Dari output SAP 2000 di ambil as E-6 joint 79 didapatkan gaya-gaya dalam sebagai berikut :

Akibat beban tetap (1,0 DL + 1,0 LL)

$$P = 128783,31\text{kg}$$

$$M_x = 44,76\text{kgm}$$

$$M_y = 116,63\text{kgm}$$

Akibat beban sementara (1,0 DL + 1,0 LL +EQX)

$$P = 133014\text{kg}$$

$$M_x = 82,42\text{kgm}$$

$$M_y = -8266,68\text{kgm}$$

Akibat beban sementara (1,0 DL + 1,0 LL +EQY)

$$P = 121129,27\text{kg}$$

$$M_x = -8883,4\text{kgm}$$

$$M_y = -160,99\text{kgm}$$

P akibat pengaruh beban sementara

Akibat beban sementara (1,0 DL + 1,0 LL +EQX)

$$P = 133014\text{kg}$$

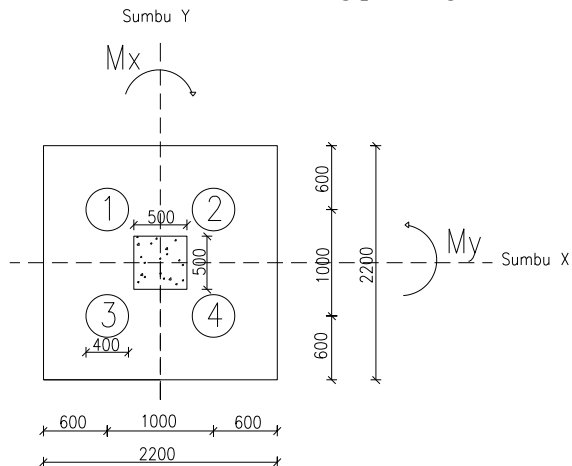
$$M_x = 82,42\text{kgm}$$

$$M_y = -8266,68\text{kgm}$$

Beban vertikal yang bekerja akibat pengaruh beban sementara adalah sebagai berikut :

1. Berat sendiri poer
(2,2m x 2,2m x 0,5m x 2400kg/m)= 5808kg
2. Beban aksial kolom
(output SAP) $\underline{= 133014\text{kg}}$
 $\Sigma P = 138822\text{kg}$

Direncanakan memakai 4 buah tiang pancang



Gambar 4.121 arah gaya pada poer tipe 1 akibat beban sementara

Tabel 4.3 Perhitungan jarak X dan Y

	x(m)	x ²		y(m)	y ²
x1	0,5	0,25	y1	0,5	0,25
x2	0,5	0,25	y2	0,5	0,25
x3	0,5	0,25	y3	0,5	0,25
x4	0,5	0,25	y4	0,5	0,25
Σx ²		1		Σy ²	1

Gaya yang dipikul masing-masing tiang pancang

$$P_i = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_y \cdot X}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot Y}{\sum y^2}$$

$$P_1 = \frac{138822}{4} - \frac{8266,68 \times 0,5}{1} + \frac{82,42 \times 0,5}{1}$$

$$P_1 = 30613,37 \text{Kg}$$

$$P_2 = \frac{138822}{4} + \frac{8266,68 \times 0,5}{1} + \frac{82,42 \times 0,5}{1}$$

$$P_2 = 38880,05 \text{Kg}$$

$$P_3 = \frac{138822}{4} - \frac{8266,68 \times 0,5}{1} - \frac{82,42 \times 0,5}{1}$$

$$P_3 = 30530,95 \text{Kg}$$

$$P_4 = \frac{138822}{4} + \frac{8266,68 \times 0,5}{1} - \frac{82,42 \times 0,5}{1}$$

$$P_4 = 38797,63 \text{Kg}$$

Beban maksimum yang diterima oleh satu tiang pancang adalah $P_{\max} = 38880,05 \text{kg} > P_{\text{ijin tanah}} = 34958,48 \text{kg}$ Tidak OK

Merujuk pada PPIUG, untuk daya dukung pada kombinasi sementara ditambahkan 30%, sehingga :

$$P_{\max} = 38880,05 \text{kg} < P_{\text{ijin tanah}} \times 1,3 = 45446,02 \text{kg} \text{}$$

OK

Akibat beban sementara (1,0 DL + 1,0 LL +EQY)

Akibat beban sementara (1,0 DL + 1,0 LL +EQY)

$$P = 121129,27\text{kg}$$

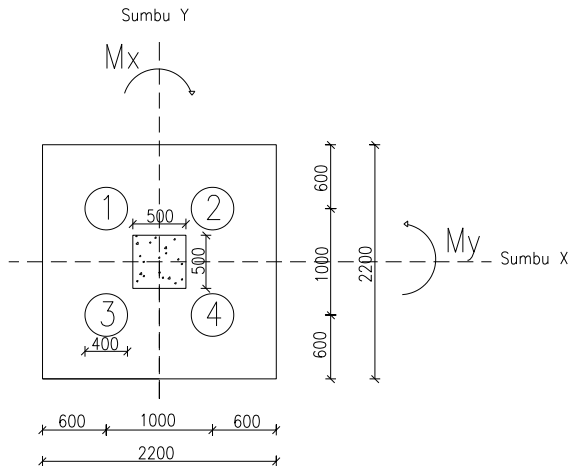
$$M_x = -8883,4\text{kgm}$$

$$M_y = -160,99\text{kgm}$$

Beban vertikal yang bekerja akibat pengaruh beban sementara adalah sebagai berikut :

1. Berat sendiri poer
 $(2,2\text{m} \times 2,2\text{m} \times 0,5\text{m} \times 2400\text{kg/m}) = 5808\text{kg}$
2. Beban aksial kolom
 $(\text{output SAP}) = 121129,27\text{kg}$
 $\Sigma P = 126937,30\text{kg}$

Direncanakan memakai 4 buah tiang pancang



Gambar 4.122 arah gaya pada poer tipe 1 akibat beban sementara

Tabel 4.4 Perhitungan jarak X dan Y

	x(m)	x ²		y(m)	y ²
x1	0,5	0,25	y1	0,5	0,25
x2	0,5	0,25	y2	0,5	0,25
x3	0,5	0,25	y3	0,5	0,25
x4	0,5	0,25	y4	0,5	0,25
Σx ²		1		Σy ²	1

Gaya yang dipikul masing-masing tiang pancang

$$P_i = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_y \cdot X}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot Y}{\sum y^2}$$

$$P_1 = \frac{126937,3}{4} - \frac{160,99 \times 0,5}{1} + \frac{8883,4 \times 0,5}{1}$$

$$P_1 = 36095,52 \text{ Kg}$$

$$P_2 = \frac{126937,3}{4} + \frac{160,99 \times 0,5}{1} + \frac{8883,4 \times 0,5}{1}$$

$$P_2 = 36256,51 \text{ Kg}$$

$$P_3 = \frac{126937,3}{4} - \frac{160,99 \times 0,5}{1} - \frac{8883,4 \times 0,5}{1}$$

$$P_3 = 27212,12 \text{ Kg}$$

$$P_4 = \frac{126937,3}{4} + \frac{160,99 \times 0,5}{1} - \frac{8883,4 \times 0,5}{1}$$

$$P_4 = 27373,11 \text{ Kg}$$

Beban maksimum yang diterima oleh satu tiang pancang adalah $P_{\max} = 36256,51 \text{ kg} > P_{\text{ijin tanah}} = 34958,48 \text{ kg}$ Tidak OK

Merujuk pada PPIUG, untuk daya dukung pada kombinasi sementara ditambahkan 30%, sehingga :

$$P_{\max} = 36256,51 \text{ kg} < P_{\text{ijin tanah}} \times 1,3 = 45446,02 \text{ kg} \text{ OK}$$

P akibat pengaruh beban tetap

Akibat beban tetap (1,0 DL + 1,0 LL)

$$P = 128783,31\text{kg}$$

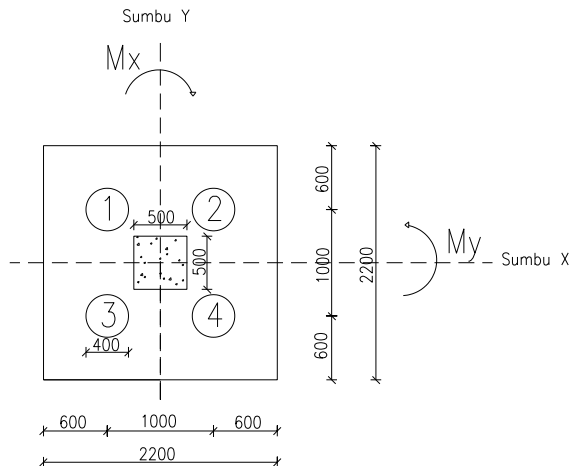
$$M_x = 44,76\text{kgm}$$

$$M_y = 116,63\text{kgm}$$

Beban vertikal yang bekerja akibat pengaruh beban sementara adalah sebagai berikut :

1. Berat sendiri poer
 $(2,2\text{m} \times 2,2\text{m} \times 0,5\text{m} \times 2400\text{kg/m}) = 5808,00\text{kg}$
2. Beban aksial kolom
 (output SAP) $= 128783,31\text{kg}$
 $\Sigma P = 134591,30\text{kg}$

Direncanakan memakai 4 buah tiang pancang



Gambar 4.123 arah gaya pada poer tipe 1 akibat beban sementara

Tabel 4.5 Perhitungan jarak X dan Y

	x(m)	x ²		y(m)	y ²
x1	0,5	0,25	y1	0,5	0,25
x2	0,5	0,25	y2	0,5	0,25
x3	0,5	0,25	y3	0,5	0,25
x4	0,5	0,25	y4	0,5	0,25
Σx ²		1		Σy ²	1

Gaya yang dipikul masing-masing tiang pancang

$$P_i = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_y \cdot X}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot Y}{\sum y^2}$$

$$P_1 = \frac{134591,3}{4} - \frac{116,63 \times 0,5}{1} + \frac{44,76 \times 0,5}{1}$$

$$P_1 = 33611,89 \text{Kg}$$

$$P_2 = \frac{134591,3}{4} + \frac{116,63 \times 0,5}{1} + \frac{44,76 \times 0,5}{1}$$

$$P_2 = 33728,52 \text{Kg}$$

$$P_3 = \frac{134591,3}{4} - \frac{116,63 \times 0,5}{1} - \frac{44,76 \times 0,5}{1}$$

$$P_3 = 33567,13 \text{Kg}$$

$$P_4 = \frac{134591,3}{4} + \frac{116,63 \times 0,5}{1} - \frac{44,76 \times 0,5}{1}$$

$$P_4 = 33683,76 \text{Kg}$$

Beban maksimum yang diterima oleh satu tiang pancang adalah $P_{\max} = 33728,52 \text{kg} > P_{\text{ijin tanah}} = 34958,48 \text{kg} \dots \text{OK}$

Beban maksimum yang diterima satu tiang pancang adalah $P_{\max} = 38880,05 \text{Kg}$ akibat beban sementara (1,0 DL + 1,0 LL + EQX)

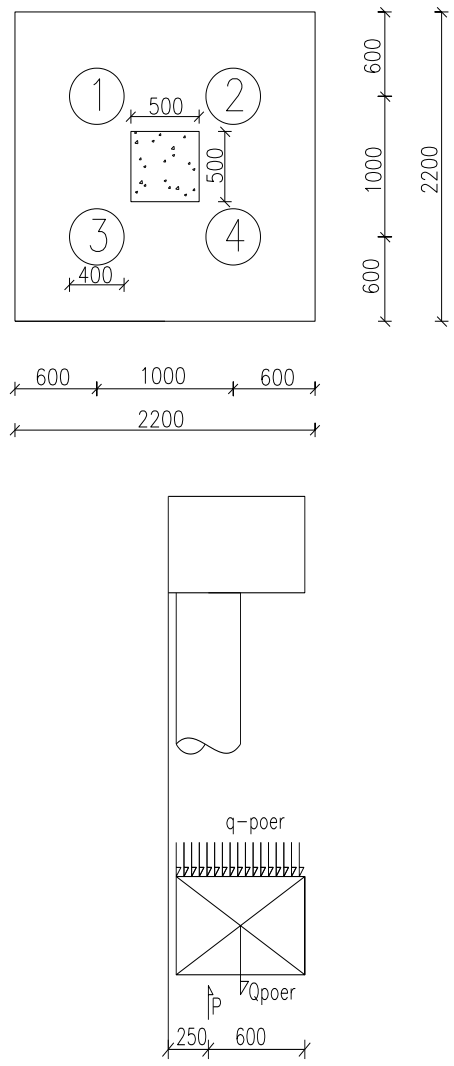
9. Perencanaan Lentur *Pile Cap* (Poer)

Pada perencanaan tulangan lentur, pile cap diasumsikan sebagai balok kantilever jepit dengan perletakan jepit pada kolom yang dibebani oleh reaksi tiang pancang dan berat sendiri pile cap. Pada perencanaan penulangan ini digunakan pengaruh beban sementara, dikarekan P beban sementara lebih besar daripada P beban tetap.

Data perencanaan

- Dimensi poer : 2,2m x 2,2m x 0,5m
- Jumlah tiang pancang : 4 buah
- Dimensi kolom : 0,5m x 0,5m
- Mutu beton (f_c') : 30Mpa
- Mutu baja (f_y) : 400Mpa
- Diameter tulangan utama : 22mm
- Selimut beton (p) : 75mm
- h : 500mm
- $d_x = 500 - 75 - 22 - (1/2 \times 22)$: 392mm
- $d_y = 500 - 75 - (1/2 \times 22)$: 414mm
- ϕ : 0,80

Penulangan Poer Arah Sumbu X



Gambar 4.124 mekanika gaya pada poer arah X

Dengan rumus mekanika diperoleh beban sebagai berikut :

Pembebanan yang terjadi pada poer adalah :

$$\begin{aligned} q_u &= \text{berat poer} \\ &= 2,2\text{m} \times 0,5\text{m} \times 2400\text{kg/m}^3 \\ &= 2640\text{kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q &= q_u \times l \\ &= 2640\text{kg/m} \times 0,85\text{m} \\ &= 2244\text{Kg} \end{aligned}$$

P_{\max} = beban tiang dari bawah akibat beban sementara
(1DL+1LL+EQX)

$$P_1 + P_3 = 61144,32\text{kg}$$

$$P_2 + P_4 = 77677,68\text{kg}$$

Ambil P terbesar = 77677,68kg

Momen yang terjadi pada poer adalah :

$$\begin{aligned} M_u &= -MQ + MP \\ &= -(Q \times \frac{1}{2} l) + (P \times \text{jarak tiang ke tepi kolom}) \\ &= -(2244\text{kg} \times 0,425\text{m}) + (77677,68\text{kg} \times 0,25\text{m}) \\ &= 18465,72\text{kgm} \\ &= 184657200\text{N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen Nominal } (M_n) &= \frac{M_u}{\Phi} \\ &= \frac{184657200\text{N.mm}}{0,8} \\ &= 230821500\text{N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\ &= \frac{230821500}{2200 \times (392)^2} \\ &= 0,682781 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\
 &= \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 30 \text{ Mpa}} \\
 &= 15,6827
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{Perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{15,6827} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,6827 \times 0,682781}{400}} \right) \\
 &= 0,00173
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\
 &\textbf{(SNI-03-2847-2002 psl. 12.5.1)} \\
 &= \frac{1,4}{400 \text{ Mpa}} \\
 &= 0,0035
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{Balance}} &= \frac{0,85 \times f_c' \times \beta_1}{f_y} \times \frac{600}{(600 + f_y)} \\
 &\textbf{(SNI-03-2847-2002 psl. 10.4.3)} \\
 &= \frac{0,85 \times 30 \times 0,85}{400} \times \frac{600}{(600 + 400)} \\
 &= 0,0325
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_{\text{balance}} \\
 &\textbf{(SNI-03-2847-2002 psl. 12.3.3)} \\
 &= 0,75 \times 0,0325 \\
 &= 0,0244
 \end{aligned}$$

Syarat : $\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$,

$$0,0035 < 0,00173 < 0,0244$$

karena TIDAK OKE maka dalam perhitungan selanjutnya digunakan ρ "perlu" dinaikkan 30%
 $1,3 \cdot \rho$ "perlu" = 0,0022496

Karena $1,3 \cdot \rho$ "perlu" $< \rho$ "min" maka digunakan ρ "min"

$$\begin{aligned} \text{As Perlu} &= \rho_{\min} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0035 \times 2200\text{mm} \times 392\text{mm} \\ &= 3018,4\text{mm}^2 \end{aligned}$$

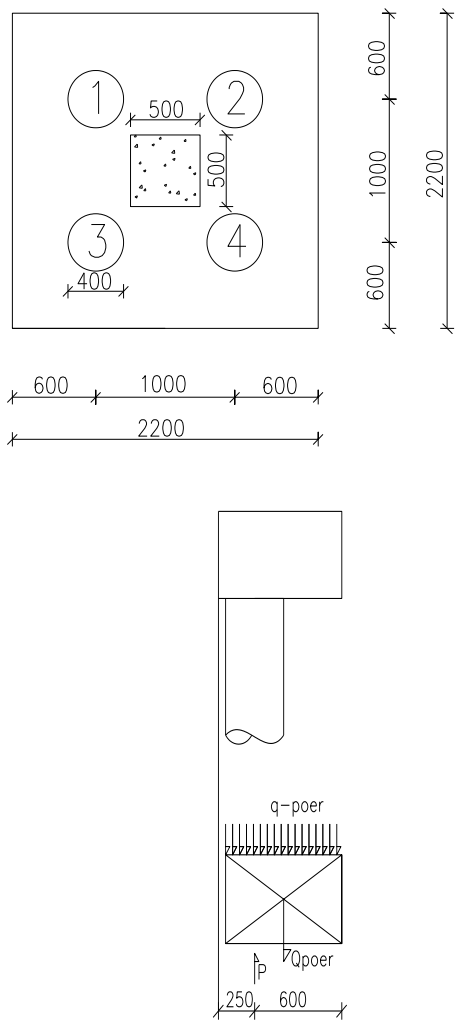
Luasan Tulangan :

$$\begin{aligned} D-22 &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22)^2 \\ &= 379,94\text{mm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang Tulangan D22-125

$$\begin{aligned} \text{As}_{\text{pasang}} &= \frac{\text{Luas}_{D-22} \times 1000}{S_{\text{pasang}}} \\ &= \frac{379,94 \times 1000}{125} \\ &= 3039,52\text{mm}^2 > \text{As}_{\text{perlu}} = 3018,4\text{mm}^2 \quad \text{OK} \end{aligned}$$

Penulangan poer arah sumbu Y



Gambar 4.125 mekanika gaya pada poer arah Y

Dengan rumus mekanika diperoleh beban sebagai berikut :

Pembebanan yang terjadi pada poer adalah :

$$\begin{aligned} q_u &= \text{berat poer} \\ &= 2,2\text{m} \times 0,5\text{m} \times 2400\text{kg/m}^3 \\ &= 2640\text{kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q &= q_u \times l \\ &= 2640\text{kg/m} \times 0,85\text{m} \\ &= 2244\text{Kg} \end{aligned}$$

P_{\max} = Beban tiang dari bawah akibat beban sementara (1DL+1LL+EQX)

$$P_1 + P_2 = 69493,42\text{kg}$$

$$P_3 + P_4 = 69328,58\text{kg}$$

Ambil P terbesar = 69493,42kg

Momen yang terjadi pada poer adalah :

$$\begin{aligned} M_u &= -MQ + MP \\ &= -(Q \times \frac{1}{2} l) + (P \times \text{jarak tiang ke tepi kolom}) \\ &= -(2244\text{kg} \times 0,425\text{m}) + (69493,42\text{kg} \times 0,25\text{m}) \\ &= 16419,655\text{kgm} \\ &= 164196550\text{N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen Nominal } (M_n) &= \frac{M_u}{\phi} \\ &= \frac{164196550\text{N.mm}}{0,8} \\ &= 205245688\text{N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\
 &= \frac{205245688}{2200 \times (392)^2} \\
 &= 0,6071266
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\
 &= \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 30 \text{ Mpa}} \\
 &= 15,6827
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{Perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{15,6827} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,6827 \times 0,6071266}{400}} \right) \\
 &= 0,001536
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\
 &\textbf{(SNI-03-2847-2002 psl. 12.5.1)} \\
 &= \frac{1,4}{400 \text{ Mpa}} \\
 &= 0,0035
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{Balance}} &= \frac{0,85 \times f_c' \times \beta_1}{f_y} \times \frac{600}{(600 + f_y)} \\
 &\textbf{(SNI-03-2847-2002 psl. 10.4.3)} \\
 &= \frac{0,85 \times 30 \times 0,85}{400} \times \frac{600}{(600 + 400)} \\
 &= 0,0325
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\max} &= 0.75 \times \rho_{\text{balance}} \\
 (\text{SNI-03-2847-2002 psl. 12.3.3}) \\
 &= 0.75 \times 0.0325 \\
 &= 0.0244
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Syarat : } \rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}, \\
 0.0035 < 0.001536 < 0.0244
 \end{aligned}$$

karena TIDAK OKE maka dalam perhitungan selanjutnya digunakan ρ_{perlu} dinaikkan 30%
 $1.3 \cdot \rho_{\text{perlu}} = 0.0019972$

Karena $1.3 \cdot \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\min}$ maka digunakan ρ_{\min}

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ Perlu} &= \rho_{\min} \cdot b \cdot d \\
 &= 0.0035 \times 2200 \text{ mm} \times 392 \text{ mm} \\
 &= 3018.4 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luasan Tulangan :} \\
 D-22 &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22)^2 \\
 &= 379.94 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dipasang Tulangan D22-125

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ pasang}} &= \frac{\text{Luas}_{D-22} \times 1000}{S_{\text{pasang}}} \\
 &= \frac{379.94 \times 1000}{125} \\
 &= 3039.52 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ perlu}} = 3018.4 \text{ mm}^2 \quad \text{OK}
 \end{aligned}$$

10. Penyaluran Tulangan Stek Kolom

Berdasarkan **PBBI 1971** psl 8.6.1 dan 8.6.2, panjang penyaluran dasar (L_d) adalah :

$$L_d' = 0,07 \times \frac{A \times \zeta_{au}^*}{\sqrt{\zeta_{bk}}} \geq 0,0065 \times d \times \zeta_{au}^*$$

Dimana :

A = luas penampang batang (cm)
 ζ_{au}^* = kekuatan baja rencana menurut PBBI 1971 tabel 10.4.3
 f_y = tegangan leleh baja = 4000kg/cm²
 ζ_{bk}' = kekuatan tekan beton $f_c' = 30\text{Mpa}$

Sehingga,

$$\begin{aligned}
 L_d' &= 0,07 \times \frac{A \times \zeta_{au}^*}{\sqrt{\zeta_{bk}'}} \geq 0,0065 \times d \times \zeta_{au}^* \\
 &= 0,07 \times \frac{3,7994 \times 0,87 \times f_y}{\sqrt{f_c'}} \geq 0,0065 \times d \times 0,87 \times f_y \\
 &= 0,07 \times \frac{3,7994 \times 0,87 \times 4000}{\sqrt{300}} \geq 0,0065 \times 2,2 \\
 &\quad \times 0,87 \times 4000 \\
 &= 53,43572 \geq 49,764
 \end{aligned}$$

Diambil $L_d' = 54\text{cm}$

Panjang penyaluran

$$\begin{aligned}
 (L_d) &= L_d \times 1,4 \times 0,8 \\
 &= 54 \times 1,4 \times 0,8 \\
 &= 60,48\text{cm} \geq 30\text{cm} \dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

Diambil $L_d = 60\text{cm}$

$$\zeta_{kait} = K \times \sqrt{\zeta'_{bk}}$$

dimana :

$$\begin{aligned} K &= 0,035 \times \zeta^*_{au} & \leq & 100 \\ &= 0,035 \times 0,87 \times f_y & \leq & 100 \\ &= 0,035 \times 0,87 \times 4000 & \leq & 100 \\ &= 121,8 & \leq & 100 \end{aligned}$$

Jadi nilai K diambil 100

$$\begin{aligned} \zeta_{kait} &= K \times \sqrt{f_c'} \\ &= 100 \times \sqrt{300} \\ &= 1732,051 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Panjang penyaluran ekivalen ($L_d'_{ek}$) :

$$\begin{aligned} L_d'_{ek} &= 0,07 \times \frac{A \times \zeta_{kait}}{\sqrt{f_c'}} \geq 0,0065 \times d \times \zeta_{kait} \\ &= 0,07 \times \frac{3,799 \times 1732,051}{\sqrt{300}} \geq 0,0065 \times 2,2 \times 1732,051 \\ &= 26,593003 \text{ cm} \geq 24,76833 \text{ cm} \end{aligned}$$

Diambil $L_d'_{ek} = 27 \text{ cm}$

Jadi panjang penjangkaran yang digunakan

$$\begin{aligned} &= L_d - L_d'_{ek} \\ &= 60 - 27 \\ &= 33 \text{ cm} \end{aligned}$$

Diameter bengkokan tulangan minimum

SNI 03-2847-2002 psl 9.2.3 tabel 6

$$\begin{aligned} D &= 6 \times db \\ &= 6 \times 22 \text{ mm} \\ &= 132 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Radius} &= 0,5 \times 132 \text{ mm} \\ &= 66 \text{ mm} \end{aligned}$$

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB V

PENUTUP

5.1 Hasil Perencanaan

Dari keseluruhan perhitungan perencanaan struktur Gedung Perpustakaan UPN Veteran Surabaya dengan metode SRPMM diperoleh :

5.1.1 Struktur Bangunan Atas

- Balok
 - Dimensi Balok Induk (B1) : 30 x 50
 - Dimensi Balok Anak (B2) : 20 x 30
- Kolom
 - Dimensi K1 : 50 x 50
 - Dimensi K2 : 30 x 30
- Tangga
 - Injakan tangga : 20 cm
 - Lebar injakan tangga : 30 cm
- Pelat
 - Tebal pelat lantai : 12 cm
 - Tebal pelat atap : 12 cm

5.1.2 Struktur Bangunan Bawah

- Sloof
 - Dimensi TB1 : 30 x 50
 - Dimensi TB2 : 20 x 30
- Kolom Pendek
 - Tinggi kolom pendek : 1,5 m
 - Dimensi KP1 : 50 x 50
 - Dimensi KP2 : 30 x 30
- Poer
 - Dimensi Poer (P1) : 2,20mx2,20mx0,50m
 - Dimensi Poer (P2) : 2,20mx1,20mx0,50m
 - Dimensi poer (P3) : 2,75mx1,50mx0,50m
 - Dimensi Tiang Pancang (P1,P2) : Ø40 cm
 - Dimensi Tiang Pancang (P3) : Ø50 cm

Penulangan Poer (P1)	: 22-125
Penulangan Poer (P2)	: 22-200
Penulangan Poer (P3)	: 22-150

5.2 Saran

1. Jangan takut untuk mempelajari hal-hal baru, sekalipun hal tersebut belum pernah disampaikan di dalam perkuliahan,
2. Pertahankan apa yang telah dikerjakan, selama perencanaan tidak keluar dari ruang cakup peraturan.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

LAMPIRAN



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



THE use of piles as foundation is a method that for centuries has been known to man to overcome the problem of bearing capacity and settlements on soft soil. The proof of use of wooden piles was found on the building relics from the Roman era in Europe and the Han Dynasty in China which were constructed hundreds of years BC.

Piles constitute a columnar element in the foundation functioning to bear/convey the load from a superstructure through weak compressible soil strata or through water, to the more compact/stiff soil layer and less compressible or rock layer. The loads operating on the piles may be grouped as **Vertical Load, Horizontal/Lateral Load** or a **Combination** of the two loads.

The pile foundation system is widely used because of the ease in quality control and low construction cost.

The WIKAPILES are **Prestressed Spun Concrete Piles (PC Piles)** designed to bear various structure types. A variety of sizes (300 mm-600 mm

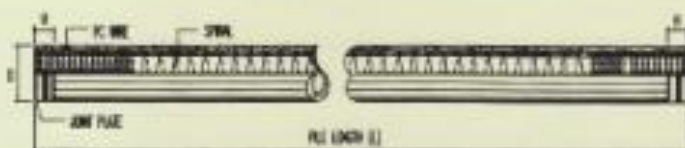
diameter) allows size choice that is technically and economical right, based on the load and the condition of the soil.

The high level of concrete compactness as a result of the centrifugal process causes the WIKAPILES to have high durability/capable of withstanding "hard" environment. WIKAPILES are used amongst others on **High-Rise Buildings, Industrial Buildings** (hangars, warehouses, factories, oil tanks), **Marine Structures** (quay, jetties, dolphins, docks), **Off-Shores Structures, Bridges, Retaining Walls, Slope Protections** and **Machinery Foundations**.

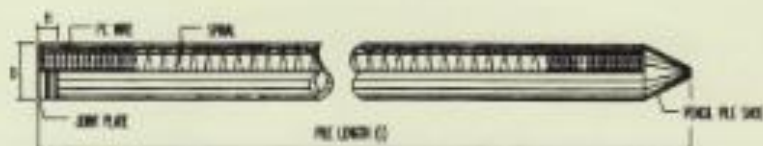


Description of Product

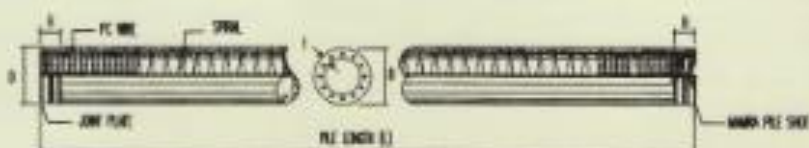
Item	Description
Type of piles	Prestressed spun concrete pile, hereinafter referred to as the 'PC Piles'
System of joint/ splice	Welded at steel joint plate
Type of Shoe	Pencil (standard product) Mamira (special design)
Method of installation/ driving	By Diesel or Hydraulic Hammer



MIDDLE PILE



**BOTTOM PILE (PENCIL SHOE)
(STANDARD PRODUCT)**



**BOTTOM PILE (MAMIRA SHOE)
(SPECIAL DESIGN)**

Outside Diameter (D-mm)	Well Thickness (T-mm)	Length of Single Pile (L-m)	Steel Rod ¹⁾ Length (R-mm)	Pencil Shoe Length (D-mm)	Unit Weight ²⁾ (W - kg/m)
300	40	6 - 13	100	300	110
350	45	6 - 13	100	350	140
400	75	6 - 14	150	400	200
450	80	6 - 14	150	450	240
500	80	6 - 14	150	500	300
600	100	6 - 14	150	600	400

1) L is length interval

2) For joint plate and various shoe

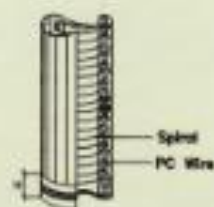
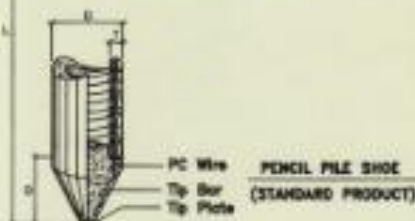
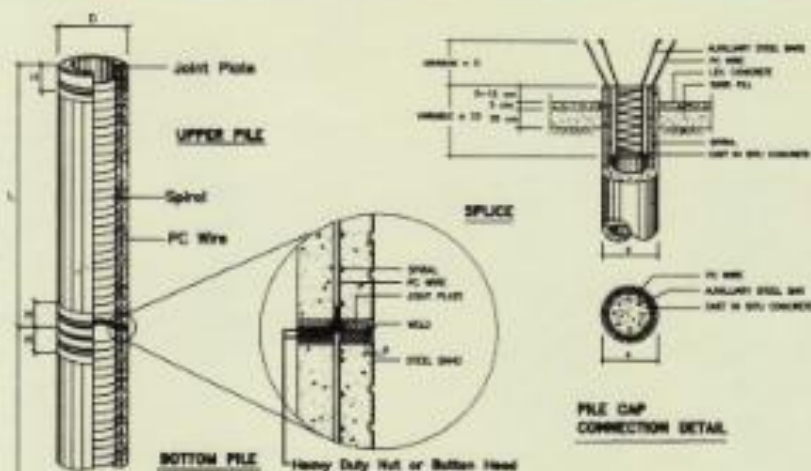
3) Theoretical weight

Design and Manufacturing Reference

Item	Reference	Description
Design	IS A 5335 - 1985	Prestressed Spun Concrete Piles
	ACI 543R-74/ 1980	Recommendation for Design, Manufacture and Installation of Concrete Piles
	NI 2 - FBI - 1971	Indonesian Concrete Codes
Manufacturing	IS A 5335 - 1985 WMA-11-90-007	Prestressed Spun Concrete Piles Pile Manufacturing Works Instruction

Specification of Material

Item	Reference	Description	Specification
Aggregate	ASTM C33 - 1985	Standard specification for Concrete Aggregates	
	NI 2 - FBI - 1971	Indonesian Concrete Codes	
Cement	SI 0013 - 1981	Quality and testing method of Portland cements	Standard Product type I Special order: type-II or V
Admixture	ASTM C494 - 1985	Standard specification for chemical admixture for concrete	Type A: water reducing admixtures
Concrete	IS A 1132 - 1985	Method of Making and Curing Concrete Specimens	
	IS A 1108 - 1985	Method of Test Compressive Strength of Concrete	
	NI 2 - FBI - 1971	Indonesian Concrete Codes	Compressive Strength at 28 days : 600 kgf/ cm ²
PC Wire	IS G 3536 - 1985	Uncoated Stress-Relieved Steel Wire and Strand for Prestressed Concrete	SWPD1
Spinal Wire	IS A 3532 - 1985	Low Carbon Steel Wire	SWMA
Joint Plate	IS G 3101 - 1987	Rolled steel for general structure	SS 41
Welding	ANSI/ AWS D1.1-1990	Structural Welding Code Steel	AWS A 5.1/ E 6013 NKKO STEEL RB26/ RD 260, UCON-26, or Equivalent



Mamira Pile Shoe (Special design)

Thickness of Weld

D (mm)	T (mm)	H (mm)	a (mm)
300	60	100	8
350	65	100	10
400	75	150	10
450	80	150	10
500	90	150	10
600	100	150	10

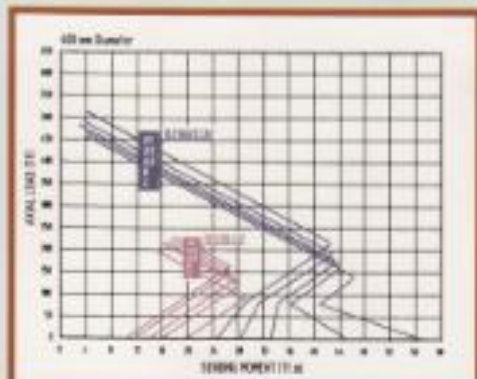
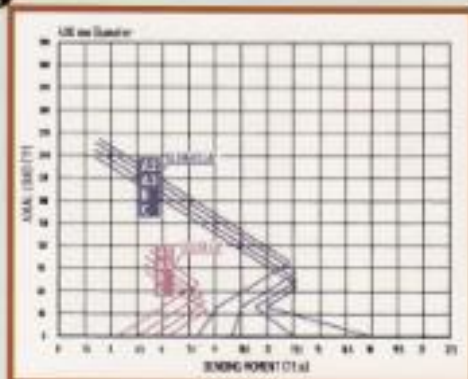
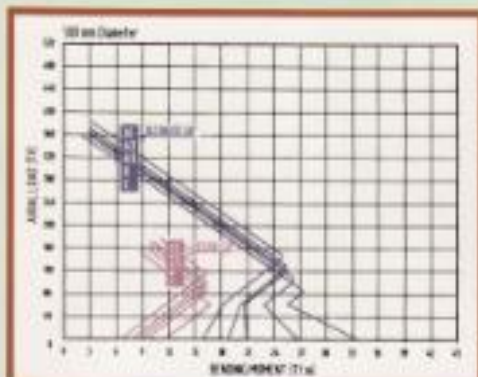
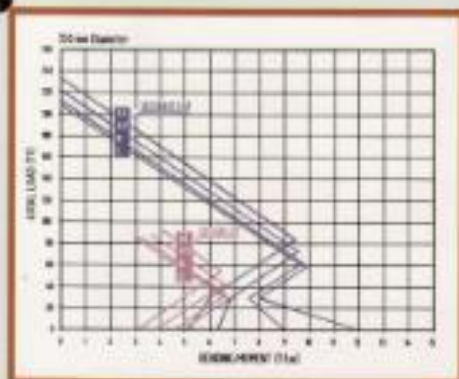
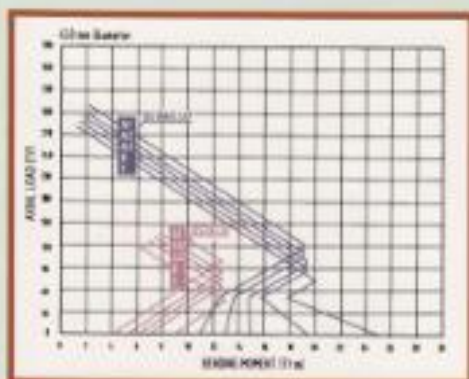
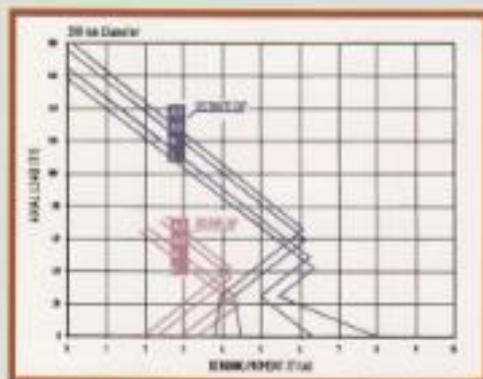
CLASSIFICATION

Outside Diameter (mm)	Wall Thickness (mm)	Class	Concrete Cross Section (cm ²)	Section Modulus (cm ³)	Bending Moment Capacity (tf.m)		Allowable Axial Load (t)
					Crack	Ultimate	
300	40	A2	452	2360.70	3.30	3.75	72.40
		A3		2369.40	3.00	4.32	70.75
		B		2431.40	3.30	4.36	67.50
		C		2478.70	4.00	5.00	65.40
350	45	A1	582	3648.00	3.30	3.32	93.10
		A3		3672.90	4.20	4.36	89.90
		B		3741.70	5.04	4.00	86.40
		C		3797.60	6.00	5.20	83.90
400	75	A2	768	5483.30	3.30	4.23	121.10
		A3		5517.40	6.30	3.72	117.60
		B		5591.30	7.50	3.33	114.40
		C		5678.20	9.00	3.80	111.50
450	80	A1	820	7591.40	7.50	11.35	149.50
		A2		7655.60	8.00	10.70	145.80
		A3		7717.10	10.0	10.00	140.90
		B		7783.80	11.0	9.80	139.10
500	90	C		7929.00	12.30	10.60	134.90
		A1	1139	13605.00	10.30	13.75	183.20
		A2		13679.30	12.30	13.70	181.70
		A3		13653.50	14.30	11.00	176.20
600	100	B		18727.80	15.30	27.00	174.90
		C		18444.60	17.60	34.00	169.00
		A1	1570	17482.80	17.00	22.20	202.70
		A2		17577.70	19.00	26.30	249.00
		A3		17792.70	22.00	22.00	243.20
		B		17949.60	23.00	43.00	238.20
		C		18263.40	29.00	38.00	229.50

Notes: 1) Piles are generally supplied to BS 4 5325-1983 and need to be cut to 40 240 - 1579 202 and 760 - 1771.
 2) Specified concrete cube compressive strength is 300 kg/cm² at 28 days.
 3) Allowable axial load is applicable to pile acting as a short pile.



INTERACTION DIAGRAM OF BENDING MOMENT & AXIAL LOAD CAPACITY



PROPER handling and good driving practice is essential in order to avoid unnecessary damage to piles.
 Lifting points are clearly marked on every pile to enable proper handling by user.
 For driving, the use of a Diesel Hammer or Hydraulic Hammer is preferred as the hammer blows are more likely to be co-axial with the pile than in the case of a drop hammer.
 The hammer selection will depend on the pile size, pile weight and bearing capacity.
 The table below gives a general recommendation of types of Diesel Hammers and Hydraulic Hammer to be used for driving WKA piles.

Dynamic Capacity Formula/ Driving Formula

Hilley Formula for Diesel Hammer

$$R_d = \frac{f E_n}{S + 1/2(C_1 + C_2 + C_3)} \frac{W_r + \alpha^2 W_p}{W_r + W_p}$$

- Where:
- R_d : Ultimate Bearing Capacity of Pile (ton)
 - f : Relative efficiency of hammer
 - $f = 1.00$ for diesel hammer
 - $f = 0.75$ for drop hammer
 - E_n : Hammer energy as stated by manufacturer
 - $E_n = 2 \cdot W_r \cdot H$ for diesel hammer
 - $E_n = W_r \cdot H$ for drop hammer
 - W_r : Ram mass (ton)
 - H : Drop height of ram (m)
 - α : Coefficient of restitution
 - $\alpha = 0.25$ for concrete Pile
 - W_p : Pile mass (ton)
 - S : Set (pile penetration) per blow (m)
 - C_1 : Elastic compression of cushion and cap (m)
 - C_2 : Elastic compression of pile (m)
 - C_3 : Elastic compression of soil (m)



Values for C_1 , C_2 , and C_3 for Hilley formula for Diesel Hammer

	Very Light Driving p (1.5 - 35 kg) / m ²	Medium Driving p (3.5 - 70 kg) / m ²	Hard Driving p (7.5 - 100 kg) / m ²	Very Hard Driving p (1.5 - 110 kg) / m ²
C_1 (m)	p1 - no cushion or cushion 0.000	p1 - no cushion cap 0.006	p1 - no cushion cap 0.010	p1 - no cushion cap 0.010
C_2 (m)	α^2 for Concrete Pile 0.0001	α^2 for Concrete Pile 0.0001	α^2 for Concrete Pile 0.0001	α^2 for Concrete Pile 0.0001
C_3 (m)	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002

Note: - Should be rounded up to next driving condition, or nearest 10% higher value without exceeding the above.

Hilley Formula for Hydraulic Hammer

$$R_d = \frac{f E_n}{5 + 1/2(C_1 + C_2 + C_3)} = \frac{f E_n}{5 + 1/2(C_1 + C_2 E_n + C_3)}$$

- Where:
- R_d : Ultimate Bearing Capacity of Pile (ton)
 - f : Relative efficiency of hammer (≈ 2.5)
 - E_n : Energy readout on Hydrohammer control panel (KJ)
 - S : Set (pile penetration) per blow (mm)
 - C : Factor depending on type of Hydrohammer and Cross-sectional area of pile
 - C_1 : Elastic compression of cushion and pile cap (mm)
 - C_2 : Elastic compression of pile (mm)
 - C_3 : Elastic compression of soil (mm)



Selection of Pile Driver

Pile Diameter (mm)	Type of DIESEL HAMMER ¹⁾		Type of HYDRO HAMMER ²⁾	
	Single Pile	Jointed Pile	Single Pile	Jointed Pile
300	K 13	K 13	S 35	S 35
350	K 13	K 13/ K 25	S 35	S 35
400	K 25	K 25/ K 35	S 35	S 35/ S 60/ S 70
450	K 25/ K 35	K 35	S 35/ S 60/ S 70	S 60/ S 70
500	K 35	K 35/ K 45/ KB 45	S 60/ S 70	S 60/ S 70/ S 90
600	K 45/ KB 45	K 45/ KB 45/ KB 60	S 60/ S 70	S 60/ S 70/ S 90

Notes: 1) Taken from Kobe DIESEL PILE HAMMER Manual. The Figure following K or KB represent the weight of ram in KN

2) Taken from the IHC HYDROHAMMER Manual. The figure following S represent the Striking Energy in KJ

● **The important aspect for piling works**

1. Use driving machine with length of boom 12-18 m and length of leader 18-24 m for maximum pile length 12-18 m.
2. Use Diesel or Hydraulic hammer with Specification as seen on table.
3. Use suitable pile helmet for each type of pile.
4. Use timber sleeper with minimum thickness 10 cm.
5. Pitch the pile and place it in desire position.
6. The hammer, pile helmet and pile must be coaxial and the maximum allowable eccentricity is 10 mm.
7. Pile should be driven to the predetermined depth (specified by the Engineer) or to a satisfactory set. Do not over drive a pile.
8. Record data during driving for each 0.3 m penetration until final set, or to a predetermined depth.

● **The data include:**

- Date of driving
- Pile number
- Date of production
- Date of installation.
- Type of pile, size & length.
- Drop height and weight of hammer.
- Number of blow for each penetration (every 0.3 m to final set)
- Time schedule of driving including interruption.
- Final set
- Ground level and final level
- Alignment and deviation of pile



CONVERSION TABLE

NO.	TO CONVERT FROM	TO	MULTIPLY BY
1	Pound (lb) avoirdupois	Kilogram (Kg)	0.4535924
2	Inch (in)	Centimeter (Cm)	2.54
3	Square Inch (in ²)	Square Centimeter (Cm ²)	6.452
4	Pound per Square Inch (Psi)	Kilogram per Square Centimeter (Kg/Cm ²)	0.07031
5	Concrete Cube Sample 15 x 15 x 15 cm	Concrete Cylinder sample 15 x 30 cm	0.83

● Using SPT Data

Meyerhoff has correlated the shaft and base resistance of Pile with the result of a standard penetration test. For displacement piles in saturated sand. The ultimate load is given by:

$$P_u = 40 \bullet N \bullet A_b + \frac{\bar{N} \bullet A_s}{5}$$

- Where:
- P_u = Ultimate load capacity (ton)
 - N = Standard penetration number at pile base
 - \bar{N} = Average value of N along pile shaft
 - A_b = Area of pile base (m^2)
= $\pi D^2/4$
 - A_s = Gross surface area of shaft (m^2)

Permissible Load Capacity of displacement piles (end bearing only), tons

Dia. of Piles (mm)		300	350	400	450	500	600
$A_b (m^2)$		0,0707	0,0962	0,1257	0,1590	0,1963	0,2827
STANDARD PENETRATION NUMBER, N	25	24	32	41	52	65	94
	30	28	38	50	63	78	113
	35	33	44	58	74	91	131
	40	38	51	67	84	104	150
	45	43	57	75	95	117	169
	50	47	64	83	105	130	188
	55	52	70	92	116	143	207
	60	57	76	100	127	157	226

● Using Sondir Data

$$P_u = q_c \bullet A + \sum f R$$

- Where :
- P_u = Ultimate axial soil bearing capacity (t)
 - q_c = Cones value (t/cm^2)
 - A = Cross section area of end of pile (cm^2)
 - $\sum f R$ = Total friction along pile body (t/cm)
 - R = Perimeter of Pile (cm)

DRILLING LOG



Project No.	1
Bore Hole No.	11
Water Table	- 3 m

Project: Jembatan Sungai Brantas
Lokasi: TOL. Mngokerto - Kertosono
Elevation: ± 0,0 (muka tanah setempat)

Type of Drilling	Rotary
Date	17-Sep-14
Driller	Demetri

Sed. No.	Stream	Depth of S	Thickness of S	Lenses	Description of Layer	Relative Density or Consistency	SPT		Standard Penetration Test			N - Value
							Depth of S	Sample Taken	N-Value Blow/20	1st 10	2nd 10	
1		0.00										
2					Lempung Berpasir Abu-abu	Medium	11	SP-1	15	8	7	8
3							12	SP-2	18	6	9	9
4		4.00	4.00				13	SP-3	28	3	9	11
5					Pasir Berpasir Hitam	Medium and Dense	14	SP-4	23	5	8	15
6							15	SP-5	34	12	16	19
7							16	SP-6	36	15	18	19
8							17	SP-7	42	18	20	22
9							18	SP-8	44	20	21	23
10							19	SP-9	42	18	20	22
11							20	SP-10	43	18	20	17
12		12.00	8.00				21	SP-11	57	21	28	28
13					Lempung Berpasir Hitam	Hard	22	SP-12	54	28	27	27
14							23	SP-13	54	22	28	19
15							24	SP-14	53	18	18	37
16		16.00	4.00				25	SP-15	56	9	27	23
17					Lempung Berpasir Berkecilan Hitam	Medium and Dense	26	SP-16	56	9	31	43
18							27	SP-17	56	12	21	47
19		19.00	3.00				28	SP-18	56	13	18	48
20							29	SP-19	56	12	23	38
21							30	SP-20	56	15	23	53
22							31	SP-21	56	15	23	53
23							32	SP-22	56	15	23	53
24							33	SP-23	56	15	23	53
25							34	SP-24	56	15	23	53
26							35	SP-25	56	15	23	53
27							36	SP-26	56	15	23	53
28							37	SP-27	56	15	23	53
29							38	SP-28	56	15	23	53
30							39	SP-29	56	15	23	53
31							40	SP-30	56	15	23	53
32							41	SP-31	56	15	23	53
33							42	SP-32	56	15	23	53
34							43	SP-33	56	15	23	53
35							44	SP-34	56	15	23	53
36							45	SP-35	56	15	23	53
37							46	SP-36	56	15	23	53
38		38.00	19.00				47	SP-37	56	15	23	53
39							48	SP-38	56	15	23	53
40		40.00	2.00				49	SP-39	56	15	23	53
41							50	SP-40	56	15	23	53
End Of Box												

L. argentatus

 = Lampung
 = Lensa

Page 1
Copyright ©

 = Raster
 = Strichpunkt-Symbol

Remarks

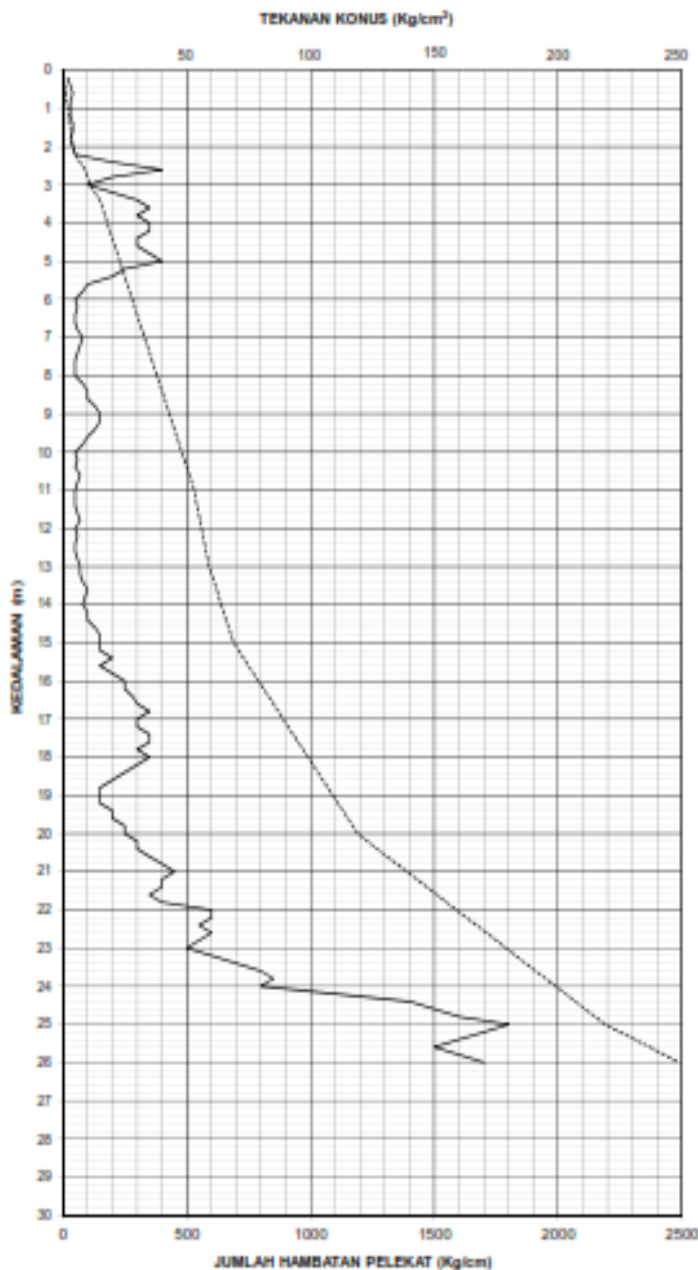
- u = Undisturbed Sample
- s = SPT Test

•

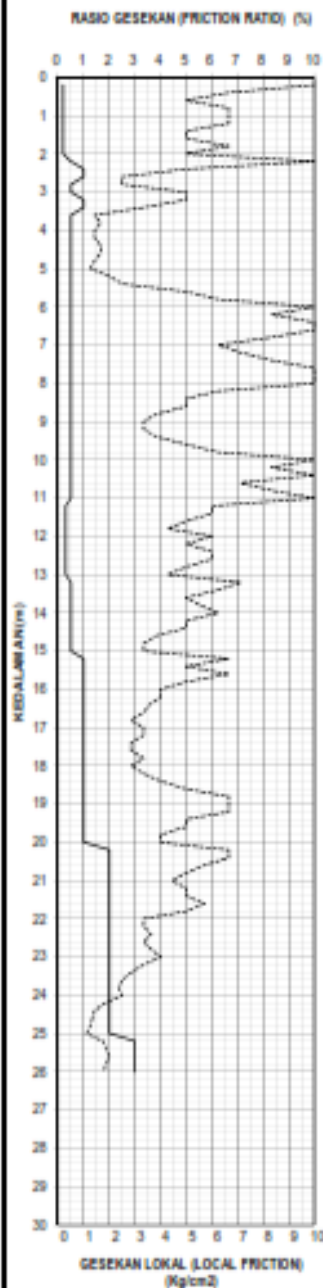
GRAFIK SONDIR (DUCTH CONE PENETROMETER TEST)

TITIK : S 1
LOKASI : Kendangsari Kota Surabaya
ELEVASI : ± 0.00 m (muka tanah setempat)

MASTER SONDIR : Wasan
TANGGAL : 28-Oct-14



— Tekanan Konus - - - Jumlah Hambatan Pelekat



— Geesekan Lokal - - - Friction Ratio

GAMBAR RENCANA

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG PERPUSTAKAAN UPN VETERAN SURABAYA DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH

DAFTAR ISI

NO LEMBAR	JUDUL	SKALA	JML LEMBAR	NO LEMBAR	JUDUL	SKALA	JML LEMBAR
01	DENAH LAYOUT	1 : 200	ARS-47	25	DENAH PELAT LANTAI ATAP	1 : 150	STR-47
02	DENAH LANTAI 1	1 : 150	ARS-47	26	DETAIL PENULANGAN PELAT LANTAI 2	1 : 150	STR-47
03	DENAH LANTAI 2	1 : 150	ARS-47	27	DETAIL PENULANGAN PELAT LANTAI 3	1 : 150	STR-47
04	DENAH LANTAI 3	1 : 150	ARS-47	28	DETAIL PENULANGAN PELAT LANTAI 4	1 : 150	STR-47
05	DENAH LANTAI 4	1 : 150	ARS-47	29	DETAIL PENULANGAN PELAT LANTAI ATAP	1 : 150	STR-47
06	TAMPAK DEPAN	1 : 150	ARS-47	30	DETAIL PENULANGAN PELAT 1	1 : 50	STR-47
07	TAMPAK BELAKANG	1 : 150	ARS-47	31	DETAIL PENULANGAN PELAT 2	1 : 50	STR-47
08	TAMPAK SAMPING KANAN (BARAT)	1 : 150	ARS-47	32	DETAIL PENULANGAN TANGGA	1 : 25	STR-47
09	TAMPAK SAMPING KIRI (TIMUR)	1 : 150	ARS-47	33	PORTAL MEMANJANG	1 : 125	STR-47
10	POTONGAN 1-1	1 : 150	STR-47	34	DETAIL PORTAL MEMANJANG 1	1 : 20	STR-47
11	POTONGAN 2-2	1 : 150	STR-47	35	DETAIL PORTAL MEMANJANG 2	1 : 20	STR-47
12	POTONGAN 3-3	1 : 150	STR-47	36	DETAIL PORTAL MEMANJANG 3	1 : 25	STR-47
13	DENAH BALOK SLOOF	1 : 150	STR-47	37	PORTAL MELINTANG	1 : 100	STR-47
14	DENAH BALOK LANTAI 2	1 : 150	STR-47	38	DETAIL PORTAL MELINTANG 1	1 : 20	STR-47
15	DENAH BALOK LANTAI 3	1 : 150	STR-47	39	DETAIL PORTAL MELINTANG 2	1 : 20	STR-47
16	DENAH BALOK LANTAI 4	1 : 150	STR-47	40	DETAIL PORTAL MELINTANG 3	1 : 25	STR-47
17	DENAH BALOK LANTAI ATAP	1 : 150	STR-47	41	DENAH PONDASI	1 : 150	STR-47
18	DENAH KOLOM LANTAI 1	1 : 150	STR-47	42	DETAIL PENULANGAN POER P1, P2	1 : 25	STR-47
19	DENAH KOLOM LANTAI 2	1 : 150	STR-47	43	DETAIL PENULANGAN POER P3	1 : 25	STR-47
20	DENAH KOLOM LANTAI 3	1 : 150	STR-47	44	TABEL PENULANGAN BALOK		STR-47
21	DENAH KOLOM LANTAI 4	1 : 150	STR-47	45	TABEL PENULANGAN BALOK		STR-47
22	DENAH PELAT LANTAI 2	1 : 150	STR-47	46	TABEL PENULANGAN BALOK		STR-47
23	DENAH PELAT LANTAI 3	1 : 150	STR-47	47	TABEL PENULANGAN KOLOM		STR-47
24	DENAH PELAT LANTAI 4	1 : 150	STR-47				



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
JALAN KARTASURA NO. 1, SURABAYA 60115
TELEPON (031) 7993111
FAX (031) 7993112
WWW.ITS-AC.ID

Nama Pekerjaan

Perencanaan Struktur Gedung Perpustakaan UPN
Veteran Surabaya Dengan Metode Sistem Rangka
Pencul Momen Menengah (SRPMM)

Dosen Pembimbing

Ir. Sri Subekti, MT

Nama / NRP Mahasiswa 1

Rihmanul Hilmah / 3112030114

Nama / NRP Mahasiswa 2

Oncet Gemuruh Lepura / 3112030128

Keterangan

$f_c' = 30 \text{ Mpa}$
 $f_y = 400 \text{ Mpa}$

Tgl	25 Mei 2015
No. Lbr	01
Kode-Int	ARS-17



 TIDAK DIKERJAKAN

 DENAH LAYOUT
SKALA 1 : 200

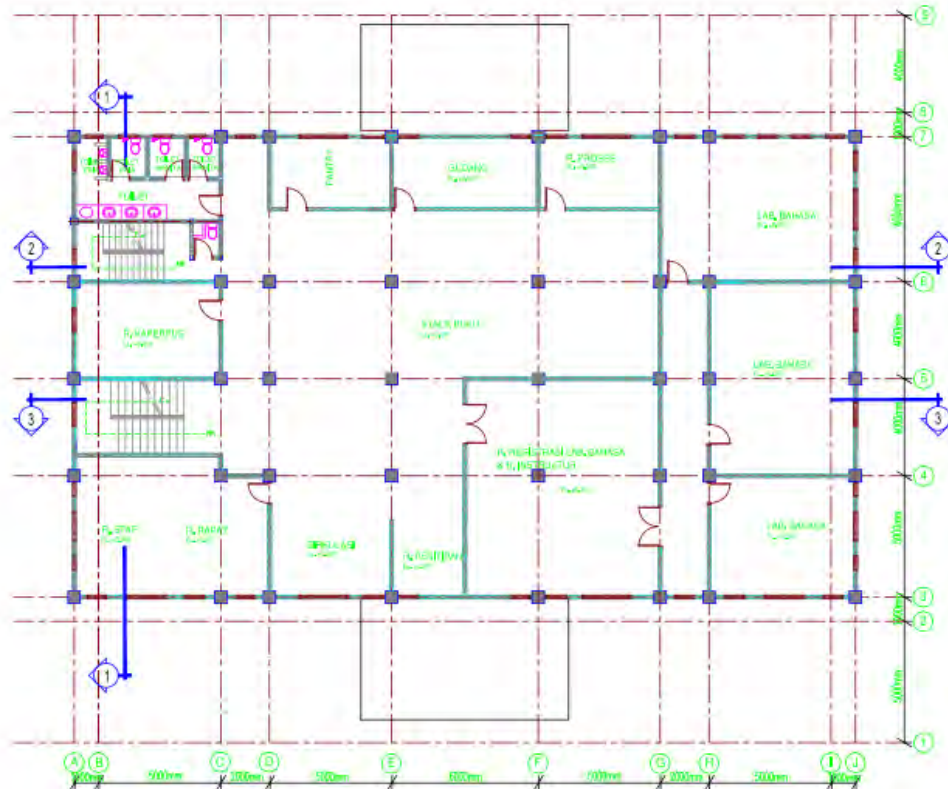




Perencanaan Struktur Gedung Perpustakaan UPN Veteran Surabaya Dengan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

$$\begin{aligned} F_c' &= 30\text{Mpa} \\ F_y &= 400\text{Mpa} \end{aligned}$$

Tgl.	25 Mei 2015
No. Ltr	03
Kode Jml	ARS-47



DENAH LANTAI 2
SKALA 1 : 150





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI TEKNIK STRUKTUR
ANGGARAN 2010

Nama Pekerjaan

Perencanaan Struktur Gedung Perpustakaan UPN
Veteran Surabaya Dengan Metode Sistem Rangka
Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

Dosen Pembimbing

Ir. Sri Subekti, MT

Nama / NRP Mahasiswa 1

Rihmatul Ilmiyah / 3112030114

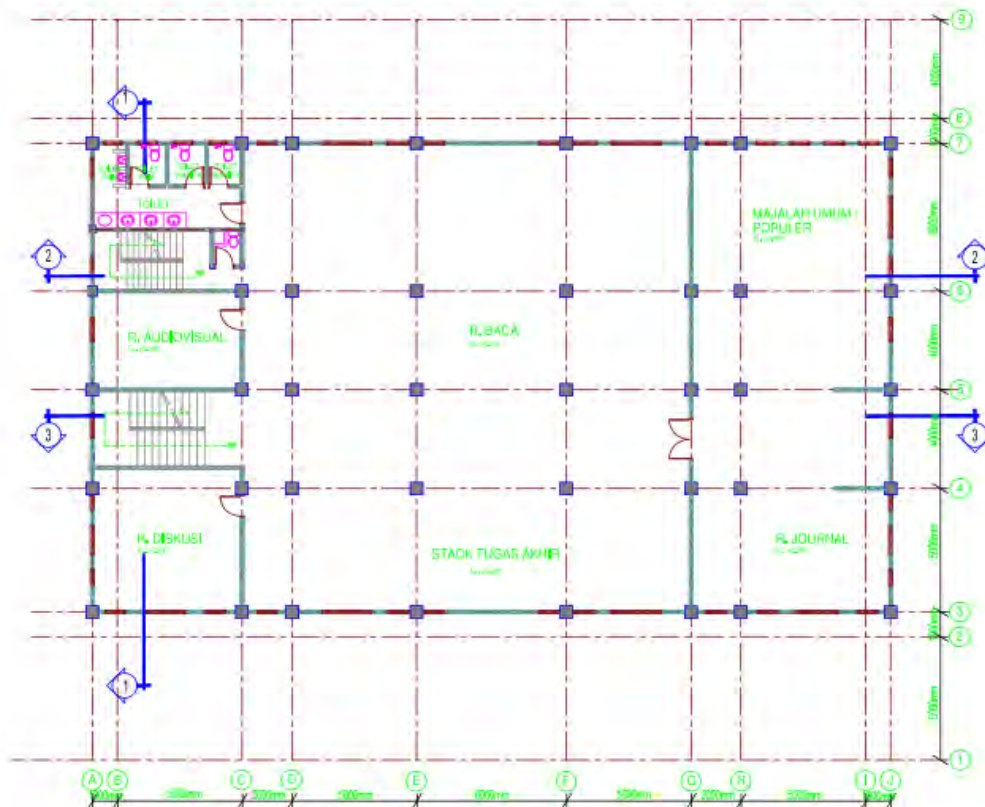
Nama / NRP Mahasiswa 2

Oncat Gemuruh Leputra / 3112030128

Keterangan

$f_c' = 30 \text{ Mpa}$
 $f_y = 400 \text{ Mpa}$

Tgl.	25 Mei 2015
No. Lbr	04
Kode-Jml	ARS-47



DENAH LANTAI 3
SKALA 1 : 150





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PERENCANAAN STRUKTUR DAN SISTEM RANGKA
BANGUNAN KAWASAN

Nama Pekerjaan

Perencanaan Struktur Gedung Perpustakaan UPN
Veteran Surabaya Dengan Metode Sistem Rangka
Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

Dosen Pembimbing

Ir. Sri Subekti, MT

Nama / NRP Mahasiswa 1

Rahmatul Ilmiyah / 3112030114

Nama / NRP Mahasiswa 2

Onsat Gemuruh Leputra / 3112030128

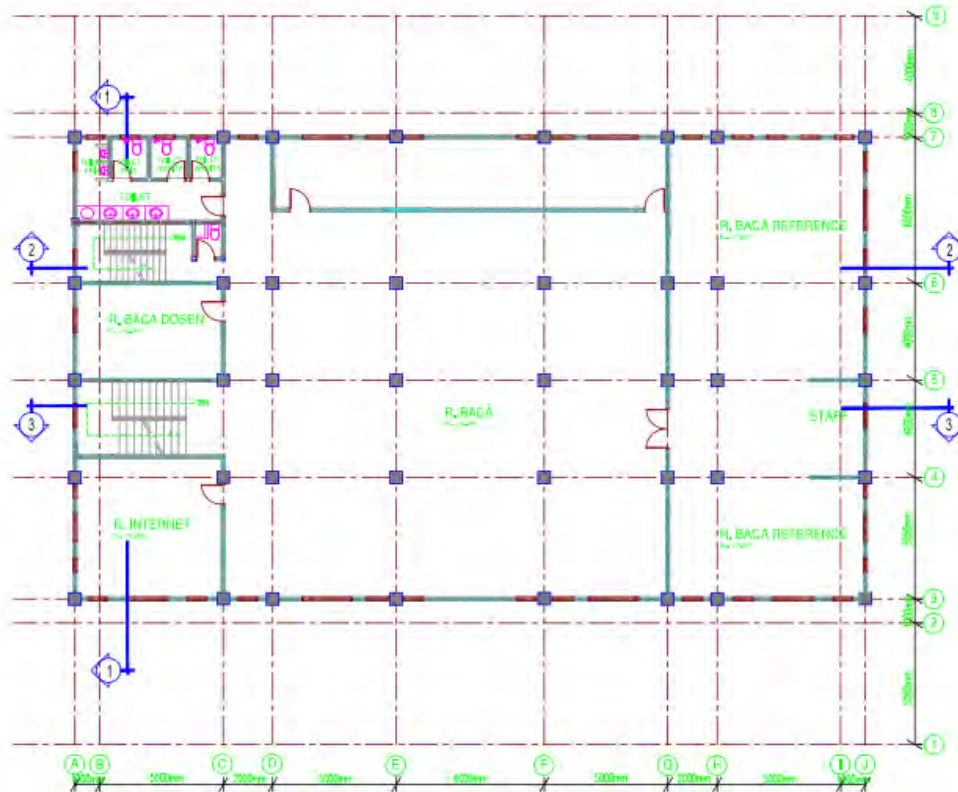
Keterangan

$F_c' = 30 \text{ Mpa}$
 $F_y = 400 \text{ Mpa}$

Tgl. 25 Mei 2015

No. Lbr. 05

Kode-Intl. ARS-47



DENAH LANTAI 4
SKALA 1 : 150





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
JALAN KAYEN KURUM, KEMBARA BARU, SURABAYA 60132
(031) 79931111
(031) 79931112

Nama Pekerjaan

Perencanaan Struktur Gedung Perpustakaan UPN
Veteran Surabaya Dengan Metode Sistem Rangka
Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

Dosen Pembimbing

Ir. Sri Subekti, MT

Nama / NRP Mahasiswa 1

Rihmatul Ilmiyah / 3112030114

Nama / NRP Mahasiswa 2

Oncah Gemuruh Leputra / 3112030128

Keterangan

$f'_c = 30 \text{ Mpa}$
 $f_y = 400 \text{ Mpa}$

Tgl. 25 Mei 2015

No. Lir 06

Kode-Jml ARS-47



TAMPAK DEPAN
SKALA 1 : 150



TAMPAK BELAKANG
SKALA 1 : 150



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
JALAN ITS TUSKUS SEPULUH NOPEMBER
KEMBARA SEPULUH NOPEMBER
KEMBARA SEPULUH NOPEMBER

Nama Pekerjaan

Perencanaan Struktur Gedung Perpustakaan UPN
Veteran Surabaya Dengan Metode Sistem Rangka
Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

Dosen Pembimbing

Ir. Sri Subekti, MT

Nama / NRP Mahasiswa 1

Rihmatul Ilmiyah / 3112030114

Nama / NRP Mahasiswa 2

Oncat Gemuruh Lestari / 3112030128

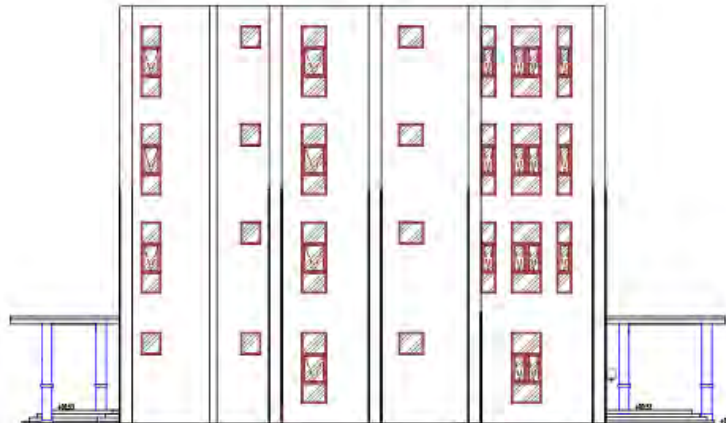
Keterangan


$f_c' = 30 \text{ Mpa}$
 $f_y = 400 \text{ Mpa}$

Tgl. 25 Mei 2015

No. Lbr 07

Kode/Iml ARS-47




 TAMPAK SAMPING KANAN (BARAT)
 SKALA 1 : 150



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
 KONSENTRASI STRUKTUR

Nama Pekerjaan

Perencanaan Struktur Gedung Perpustakaan UPN
 Veteran Surabaya Dengan Metode Sistem Rangka
 Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

Dosen Pembimbing

Ir. Sri Subekti, MT

Nama / NRP Mahasiswa 1

Rihmanul Ilmiyah / 312030014

Nama / NRP Mahasiswa 2

Onat Gienurrah Lepotiz / 312030028

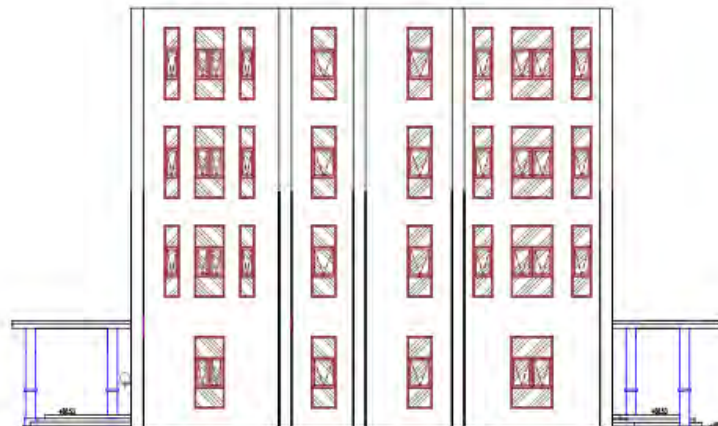
Keterangan

$F_c' = 30 \text{ Mpa}$
 $F_y = 400 \text{ Mpa}$

Tgl. 25 Mei 2015

No. Ltr. 08

Kode/Inl. ARS-47



TAMPAK SAMPING KIRI (TIMUR)
SKALA 1 : 150



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
JALAN ITS SURABAYA 60115
TELEPON (031) 7993111
FAX (031) 7993111
WWW.ITS-ACADEMY.ID

Nama Pekerjaan

Perencanaan Struktur Gedung Perpustakaan UPN
Veteran Surabaya Dengan Metode Sistem Rangka
Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

Dosen Pembimbing

Ir. Sri Subekti, MT

Nama / NRP Mahasiswa 1

Rihzanti Ilmiah / 3112050114

Nama / NRP Mahasiswa 2

Omar Gemurah Lepatra / 3112050128

Keterangan

$F_c = 30 \text{ Mpa}$
 $F_y = 400 \text{ Mpa}$

Tgl. 25 Mei 2015

No. Lbr 09

Kode Dml ARS-47



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
JALAN ITS SURABAYA 60115
Telp. (031) 79931111
www.its.ac.id

Nama Pekerjaan

Perencanaan Struktur Gedung Perpustakaan UPN
Veteran Surabaya Dengan Metode Sistem Rangka
Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

Dosen Pembimbing

Ir. Sri Subekti, MT

Nama / NRP Mahasiswa 1

Rahsanul Ilmiyah / 3112030014

Nama / NRP Mahasiswa 2

Oscar Gemuruh Legitua / 31120300128

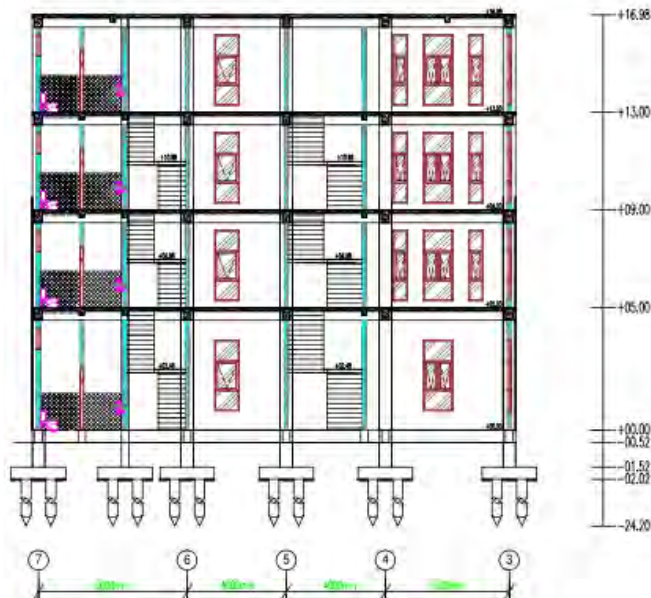
Keterangan

$f_c' = 30 \text{ Mpa}$
 $f_y = 400 \text{ Mpa}$

Tgl. 25 Mei 2015

No. Lbr. 10

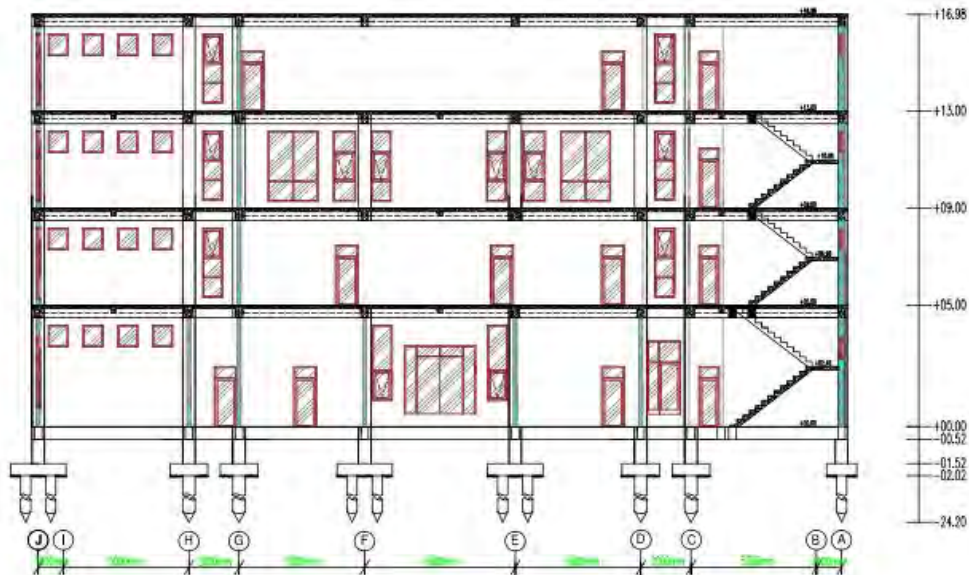
Kode/Idl. STR-47



POTONGAN 1-1
SKALA 1 : 150



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
LABORATORIUM MEKANIKA STRUKTURAL



POTONGAN 2-2
SKALA 1 : 150

Nama Pekerjaan

Perencanaan Struktur Gedung Perpustakaan UPN
Veteran Surabaya Dengan Metode Sistem Rangka
Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

Dosen Pembimbing

Ir. Sri Subekti, MT

Nama / NRP Mahasiswa 1

Rihmanul Ilmiyah / 3112030114

Nama / NRP Mahasiswa 2

Oncot Gemuruh Leputan / 3112030128

Keterangan

$f_c' = 30 \text{ Mpa}$
 $f_y = 400 \text{ Mpa}$

Tgl. 25 Mei 2015

No. Lbr 11

Kode-Jml STR-47



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
BRANCH OF STRUCTURAL ENGINEERING

Nama Pekerjaan

Perencanaan Struktur Gedung Perpustakaan UPN
Veteran Surabaya Dengan Metode Sistem Rangka
Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

Dosen Pembimbing

Ir. Sri Subekti, MT

Nama / NRP Mahasiswa 1

Rihnatul Ilmiyah / 3112030114

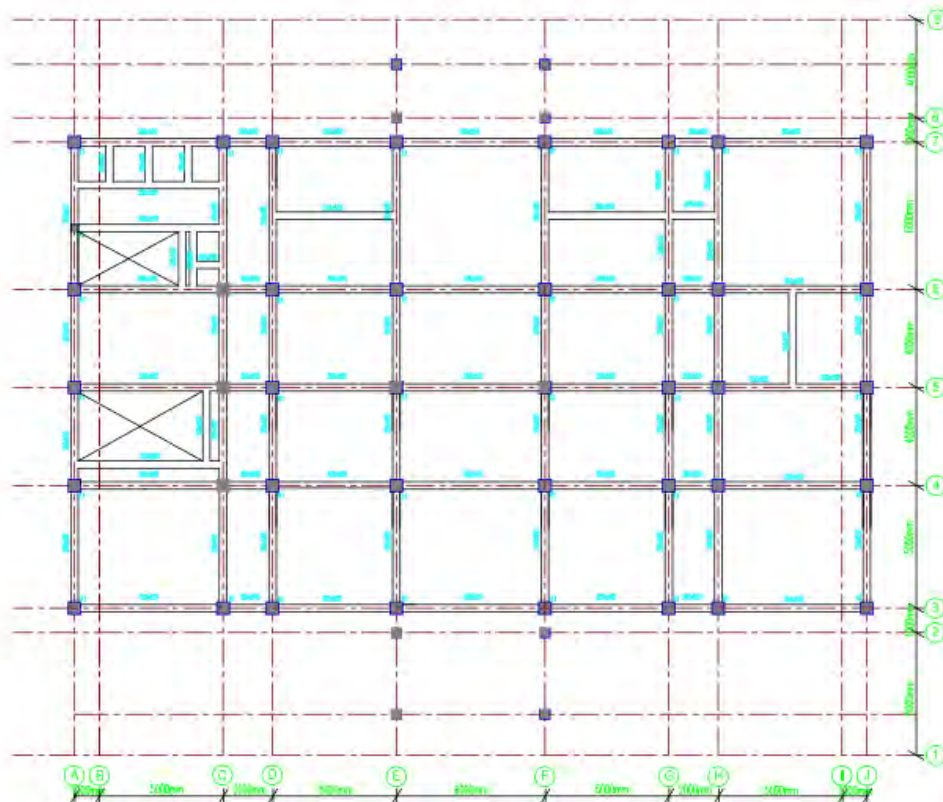
Nama / NRP Mahasiswa 2

Oncah Gemuruh Leputra / 3112030128

Keterangan

$F_c' = 30 \text{ Mpa}$
 $F_y = 400 \text{ Mpa}$

Tgl.	25 Mei 2015
No. Lbr	13
Kode/Inl	STR-47



DENAH BALOK SLOOF
SKALA 1 : 150





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
KEMAHESISAN 2015

Nama Pekerjaan

Perencanaan Struktur Gedung Perpustakaan UPN
Veteran Surabaya Dengan Metode Sistem Rangka
Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

Dosen Pembimbing

Ir. Sri Subekti, MT

Nama / NRP Mahasiswa 1

Rihmatul Ilmiyah / 3112030114

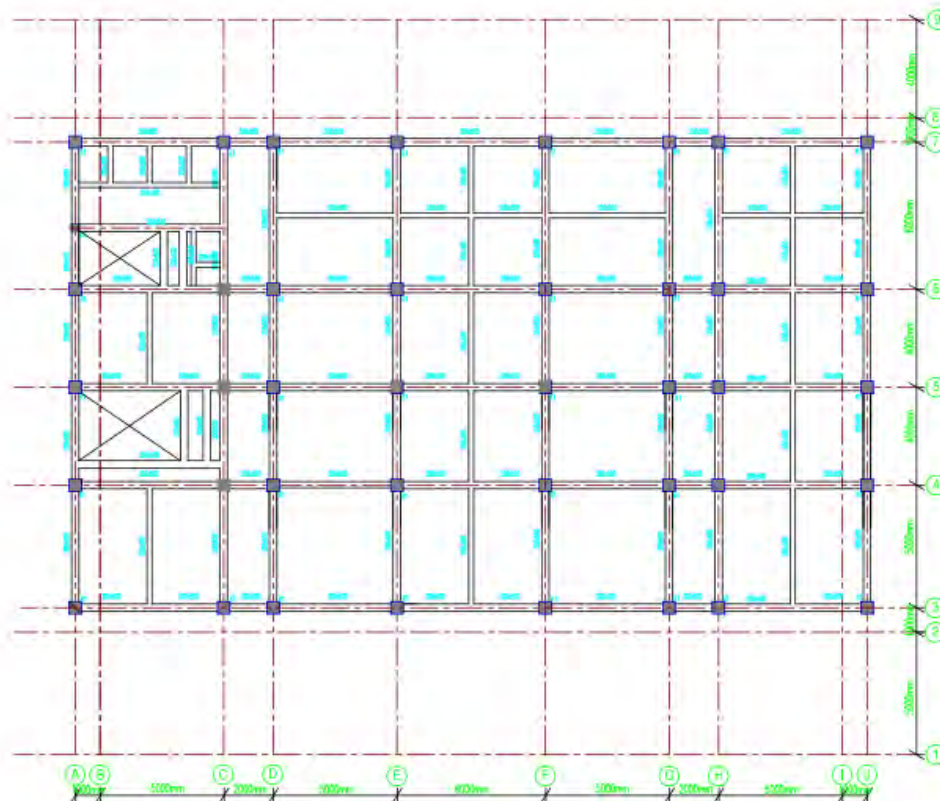
Nama / NRP Mahasiswa 2

Oncat Gemuruh Leputra / 3112030128

Keterangan

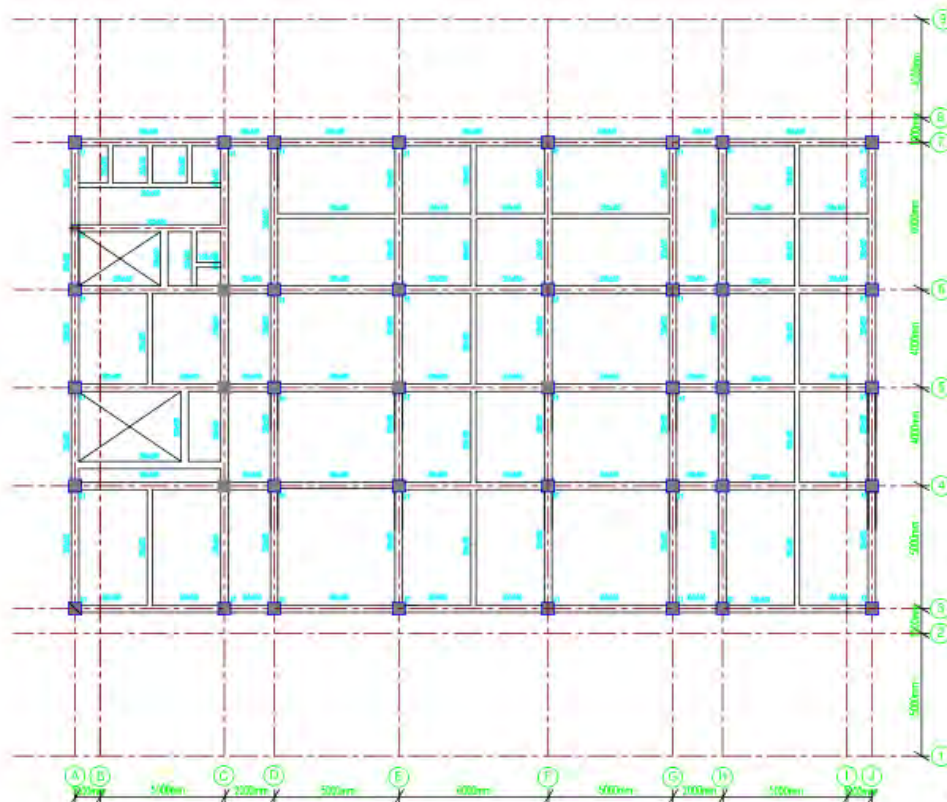
$F_c' = 30 \text{ Mpa}$
 $F_y = 400 \text{ Mpa}$

Tgl.	25 Mei 2015
No. Lbr	14
Kode-Iml	STR-47



DENAH BALOK LANTAI 2
SKALA 1 : 150





DENAH BALOK TYPICAL LT. 3 DAN 4
SKALA 1 : 150



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
JURUSAN TEKNIK SIPIL

Nama Pekerjaan

Perencanaan Struktur Gedung Perpustakaan UPN
Veteran Surabaya Dengan Metode Sistem Rangka
Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

Dosen Pembimbing

Ir. Sri Subekti, MT

Nama / NRP Mahasiswa 1

Rahmatul Ilmiyah / 3112030114

Nama / NRP Mahasiswa 2

Oncat Gemuruh Leputra / 3112030128

Keterangan

$f_c' = 30 \text{ Mpa}$
 $f_y = 400 \text{ Mpa}$

Tgl.	25 Mei 2015
No. Lbr.	15
Kode/Inl	STR-47



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Program Studi Sarjana Teknik Sipil
Angkatan 2011

Nama Pekerjaan

Perencanaan Struktur Gedung Perpustakaan UPN
Veteran Surabaya Dengan Metode Sistem Rangka
Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

Dosen Pembimbing

Ir. Sri Subekti, MT

Nama / NRP Mahasiswa 1

Rihmatul Ilmiyah / 3112030114

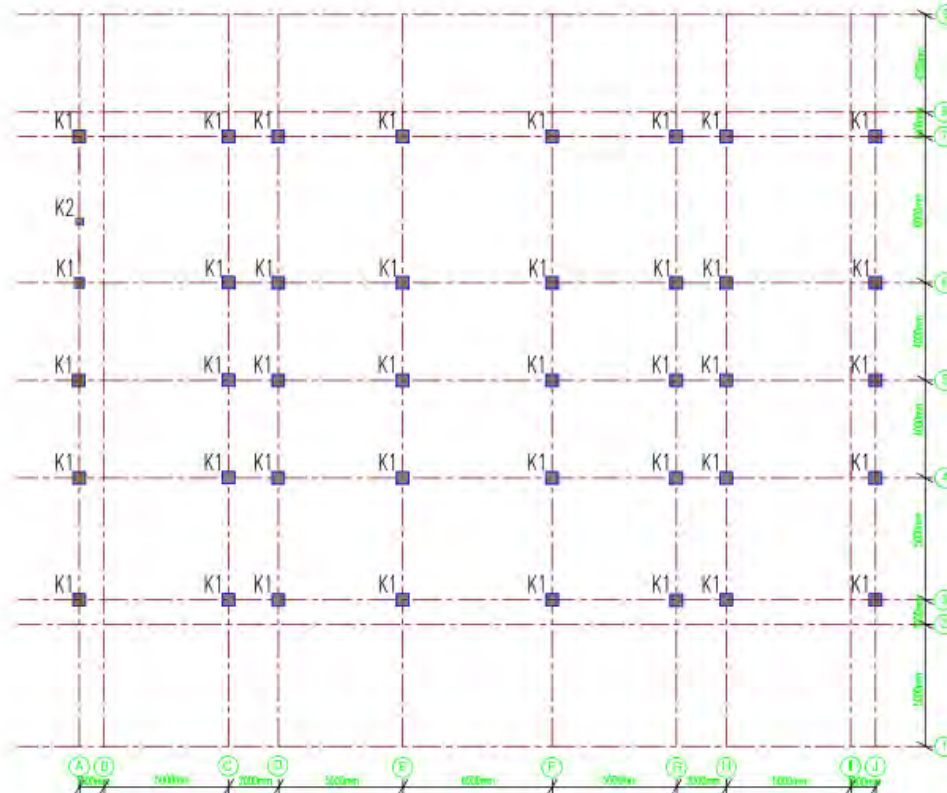
Nama / NRP Mahasiswa 2

Oncat Gemuruh Lepuani / 3112030128

Keterangan

$f_c' = 30 \text{ Mpa}$
 $f_y = 400 \text{ Mpa}$

Tgl.	25 Mei 2015
No. Lbr.	18
Kode-Iml	STR-47



DENAH KOLOM TYPICAL LT. 1 DAN 2
SKALA 1 : 150





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
KONSTRUKSI

Nama Pekerjaan

Perencanaan Struktur Gedung Perpustakaan UPN
Veteran Surabaya Dengan Metode Sistem Rangka
Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

Dosen Pembimbing

Ir. Sri Subekti, MT

Nama / NRP Mahasiswa 1

Rihnatul Ilmiyah / 3112030114

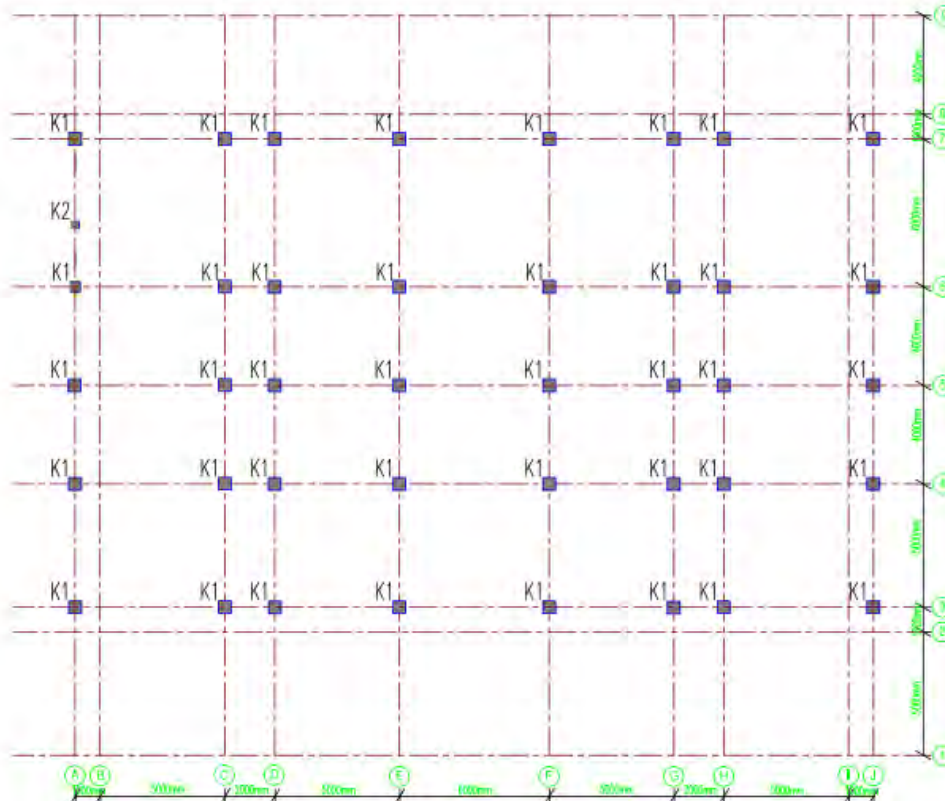
Nama / NRP Mahasiswa 2

Oncat Gemuruh Leputra / 3112030128

Keterangan

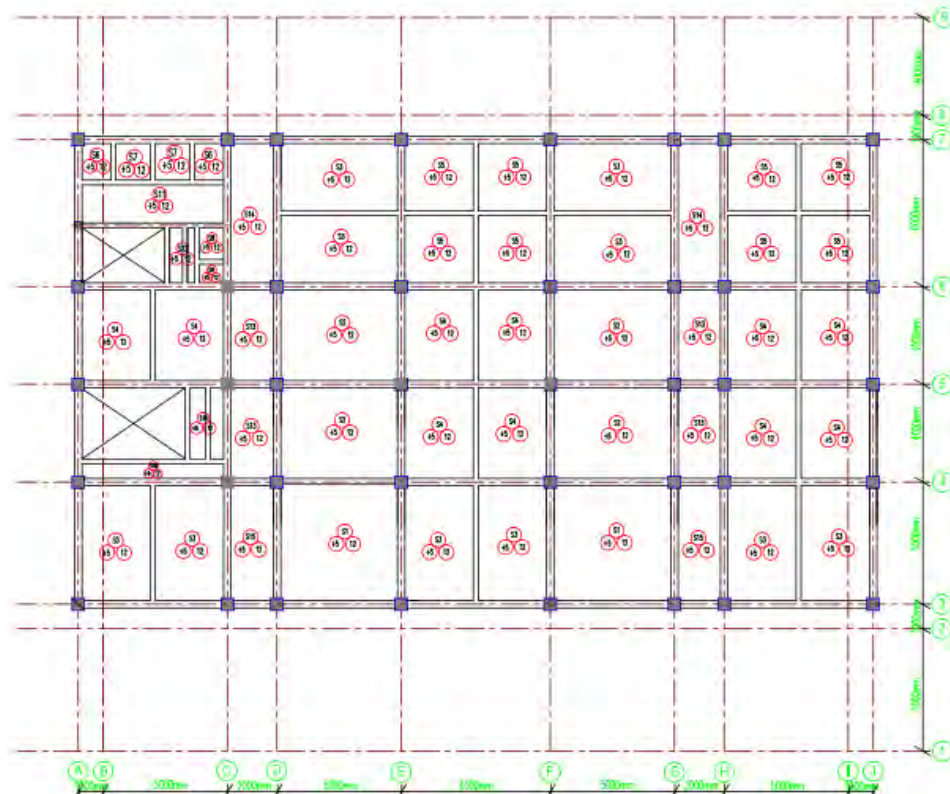
$F_c' = 30 \text{ Mpa}$
 $F_y = 400 \text{ Mpa}$

Tgl.	25 Mei 2015
No. Lbr	20
Kode-Idm	STR-47



DENAH KOLOM TYPICAL LT. 3 DAN 4
SKALA 1 : 150





DENAH PELAT LANTAI 2
SKALA 1 : 150



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
JALAN TEGAYUTAN SURABAYA 60115
TELEPON (031) 7993111
FAX (031) 7993112

Nama Pekerjaan

Perencanaan Struktur Gedung Perpustakaan UPN
Veteran Surabaya Dengan Metode Sistem Rangka
Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

Dosen Pembimbing

Ir. Srie Subekti, MT

Nama / NRP Mahasiswa 1

Rihmanul Ilmiah / 3112030114

Nama / NRP Mahasiswa 2

Onsat Gemuruh Leputra / 3112030128

Keterangan

$f'_c = 30 \text{ Mpa}$
 $f_y = 400 \text{ Mpa}$

Tgl.	25 Mei 2015
No. Ltr	22
Kode-ml	STR-47



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
DISAIN DAN KONSTRUKSI

Nama Pekerjaan

Perencanaan Struktur Gedung Perpustakaan UPN
Veteran Surabaya Dengan Metode Sistem Rangka
Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

Dosen Pembimbing

Ir. Sri Subekti, MT

Nama / NRP Mahasiswa 1

Rihnatul Ilmiyah / 3112030114

Nama / NRP Mahasiswa 2

Onesni Gemuruh Leputra / 3112030128

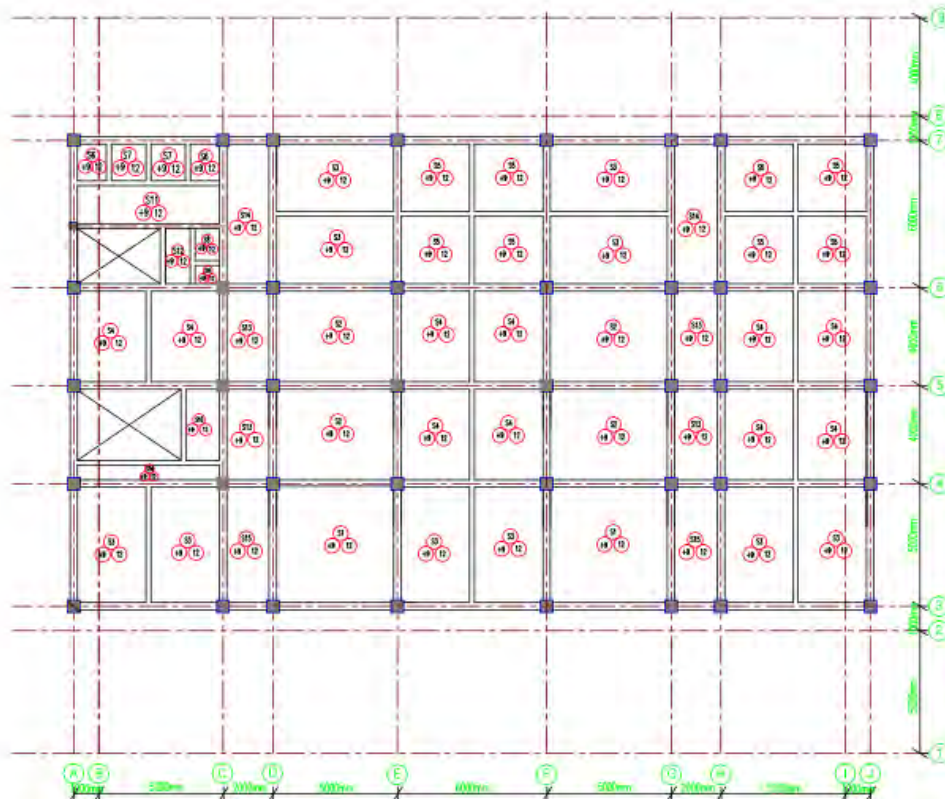
Keterangan

$F_c' = 30 \text{ Mpa}$
 $F_y = 400 \text{ Mpa}$

Tgl. 25 Mei 2015

No. Lbr 23

Kode-Jml STR-47



DENAH PELAT TYPICAL LT.3 DAN 4
SKALA 1 : 150





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI TEKNIK STRUKTUR SIPIL
BOJONEGORO 60132

Nama Pekerjaan

Perencanaan Struktur Gedung Perpustakaan UPN
Veteran Surabaya Dengan Metode Sistem Rangka
Penikul Momen Menengah (SRPMM)

Dosen Pembimbing

Ir. Sri Subekti, MT

Nama / NRP Mahasiswa 1

Rihnatul Ilmiyah / 3112030114

Nama / NRP Mahasiswa 2

Oncat Gemuruh Leputra / 3112030128

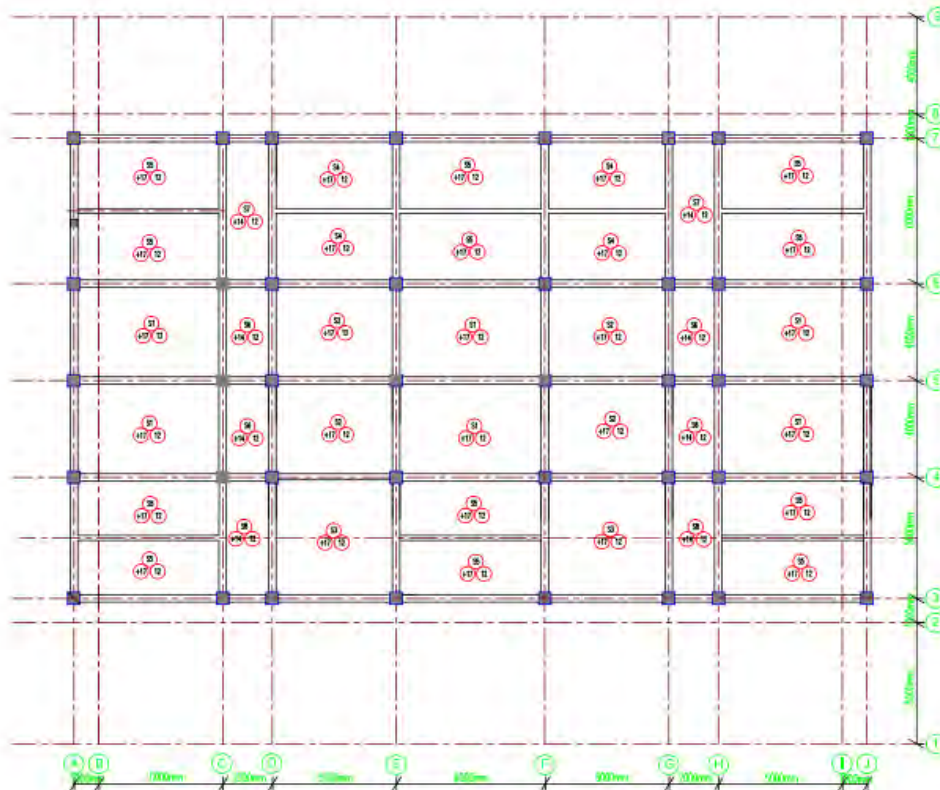
Keterangan

$f_c' = 30 \text{ Mpa}$
 $f_y = 400 \text{ Mpa}$

Tgl. 25 Mei 2015

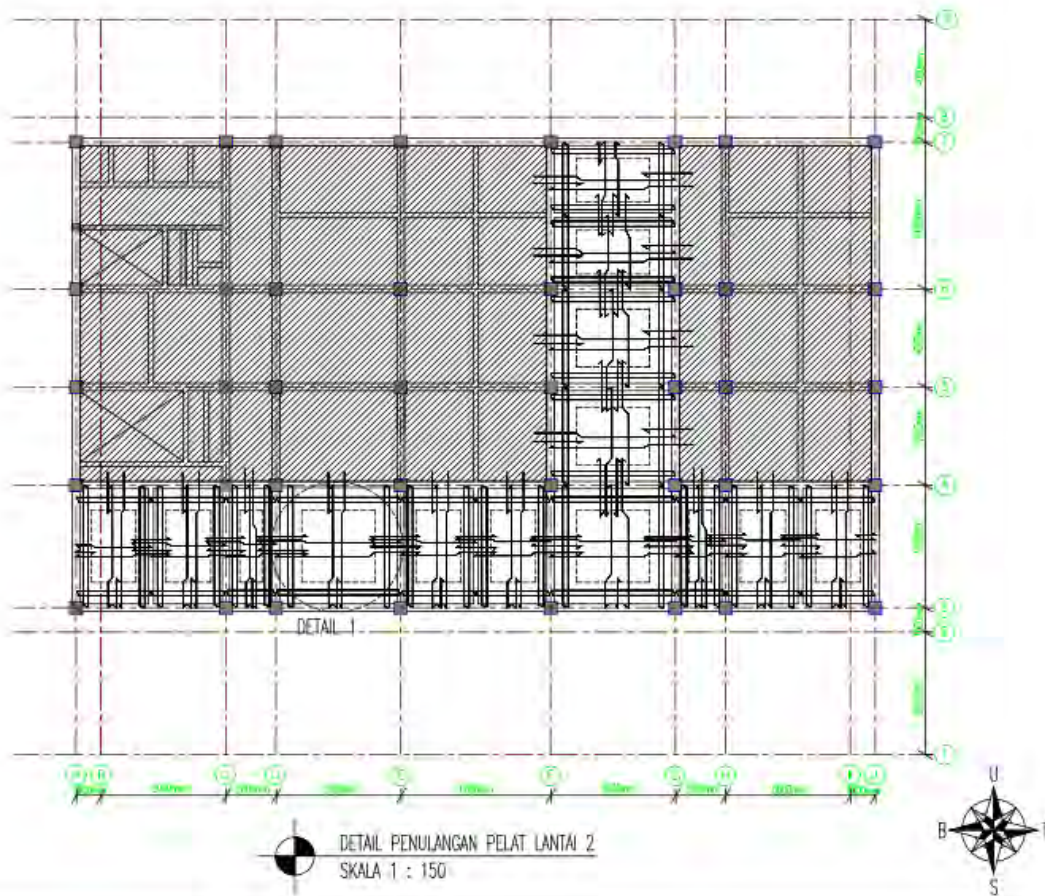
No. Lbr. 25

Kode-Iml STR-47



DENAH PELAT LANTAI ATAP
SKALA 1 : 150





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
Fakultas Teknik
Departemen Teknik Sipil dan Perencanaan
Jalan ITS Suroboyo Timur No. 1, Surabaya 60115

Nama Pekerjaan

Perencanaan Struktur Gedung Perpustakaan UPN
Veteran Surabaya Dengan Metode Sistem Rangka
Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

Dosen Pembimbing

Ir. Sri Subekti, MT

Nama / NRP Mahasiswa 1

Rihantal Ilimiah / 3112030114

Nama / NRP Mahasiswa 2

Oncal Gemuruh Lepura / 3112030128

Keterangan

f'_c = 30Mpa
 f_y = 400Mpa

Tgl.	15 Mei 2013
No. Lir.	26
Kode-Jml	STR-47



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

Nama Pekerjaan

Perencanaan Struktur Gedung Perpustakaan UPN
Veteran Surabaya Dengan Metode Sistem Rangka
Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

Dosen Pembimbing

Ir. Sri Subekti, MT

Nama / NRP Mahasiswa 1

Rahmatul Ilmiyah / 3112030114

Nama / NRP Mahasiswa 2

Onesni Gemuruh Lepari / 3112030128

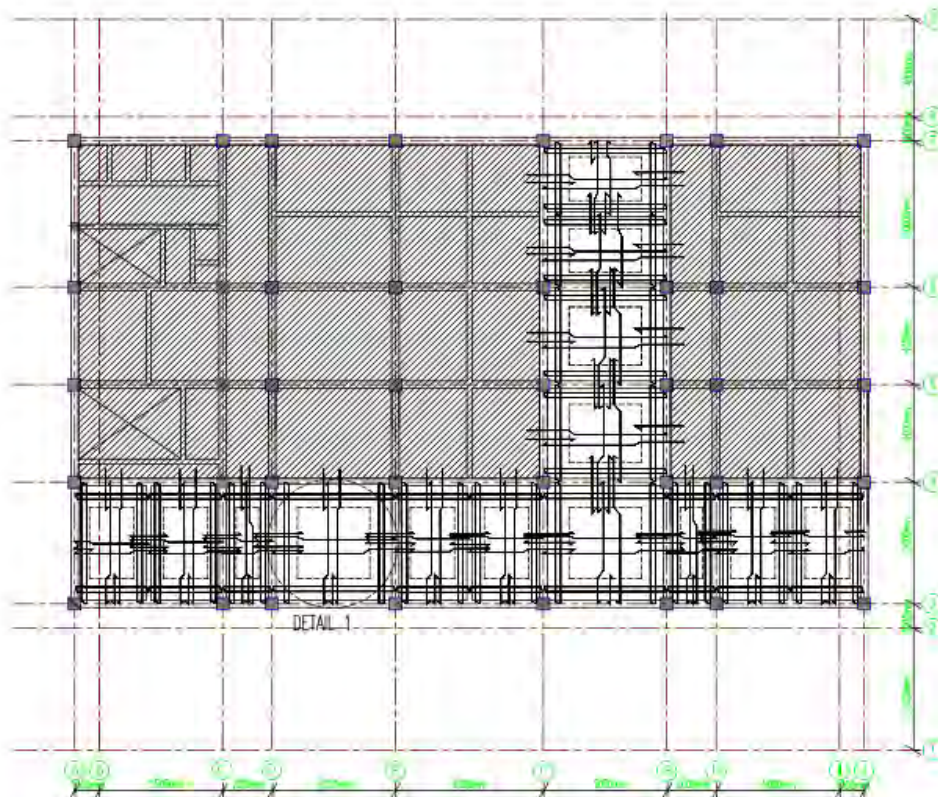
Keterangan

$F_c = 30 \text{ Mpa}$
 $F_y = 400 \text{ Mpa}$

Tgl. 25 Mei 2013

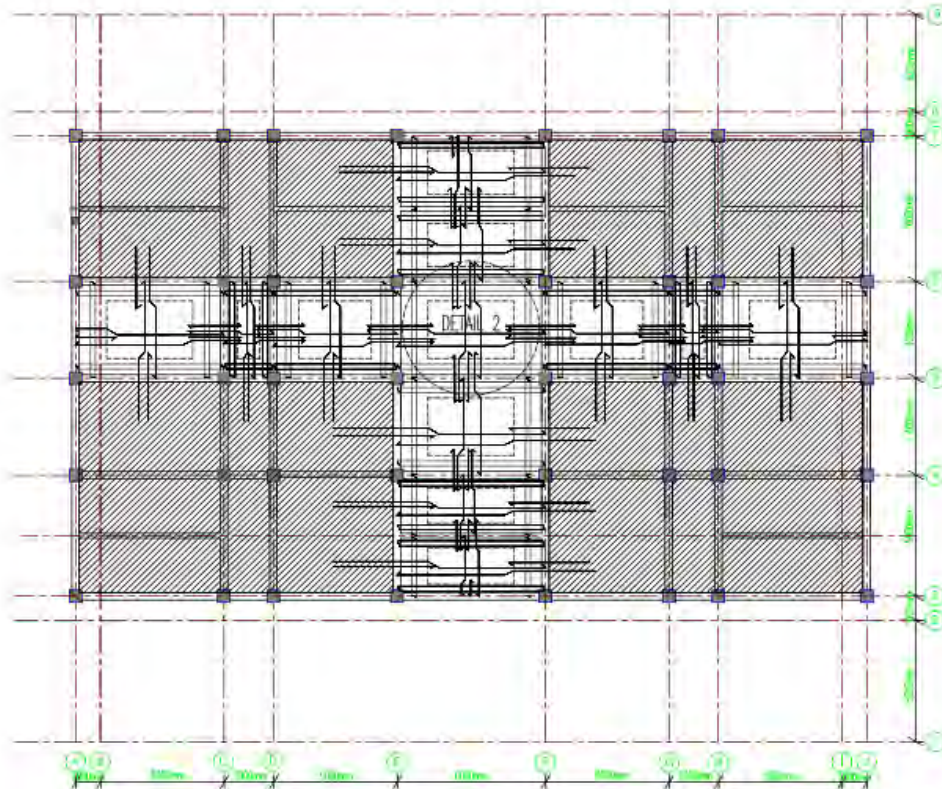
No. lbr. 27

Kode-fm. STR-47



DETAIL PENULANGAN PELAT LT. 3 DAN 4
SKALA 1 : 150





DETAIL PENULANGAN PELAT LANTAI ATAP
SKALA 1 : 150



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
JALAN KEMUNING 10115 SURABAYA
TELEPON (031) 7993111 FAX (031) 7993112
WWW.ITS-AC.ID

Nama Pekerjaan

Perencanaan Struktur Gedung Perpustakaan UPN
Veteran Surabaya Dengan Metode Sistem Rangka
Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

Dosen Pembimbing

Ir. Sri Subekti, MT

Nama /NRP Mahasiswa 1

Rihmatul Ilmiyah /3112030114

Nama /NRP Mahasiswa 2

Oncat Gemuruh Lepora / 3112030128

Keterangan

$F_c' = 30 \text{ Mpa}$
 $F_y = 400 \text{ Mpa}$

Tgl.	25 Mei 2015
No Lbr	29
Kode-Intl	STR-47



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
JALAN KARTASURA 501 SURABAYA 60115
(031) 79931111
WWW.ITS-AC.ID

Nama Pekerjaan

Perencanaan Struktur Gedung Perpustakaan UPN
Veteran Surabaya Dengan Metode Sistem Rangka
Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

Dosen Pembimbing

Ir. Sri Subekti, MT

Nama / NRP Mahasiswa 1

Rahmatul Huda / 3112030114

Nama / NRP Mahasiswa 2

Oreni Gemuruh Leputra / 3112030128

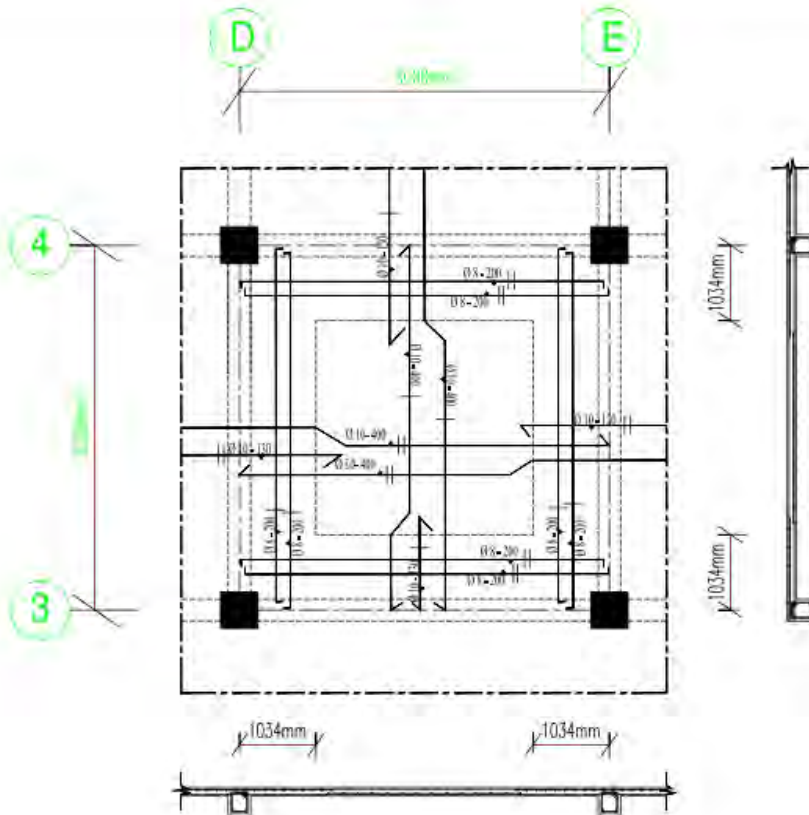
Keterangan

$F_c = 30 \text{ Mpa}$
 $F_y = 400 \text{ Mpa}$

Tgl. 25 Mei 2015

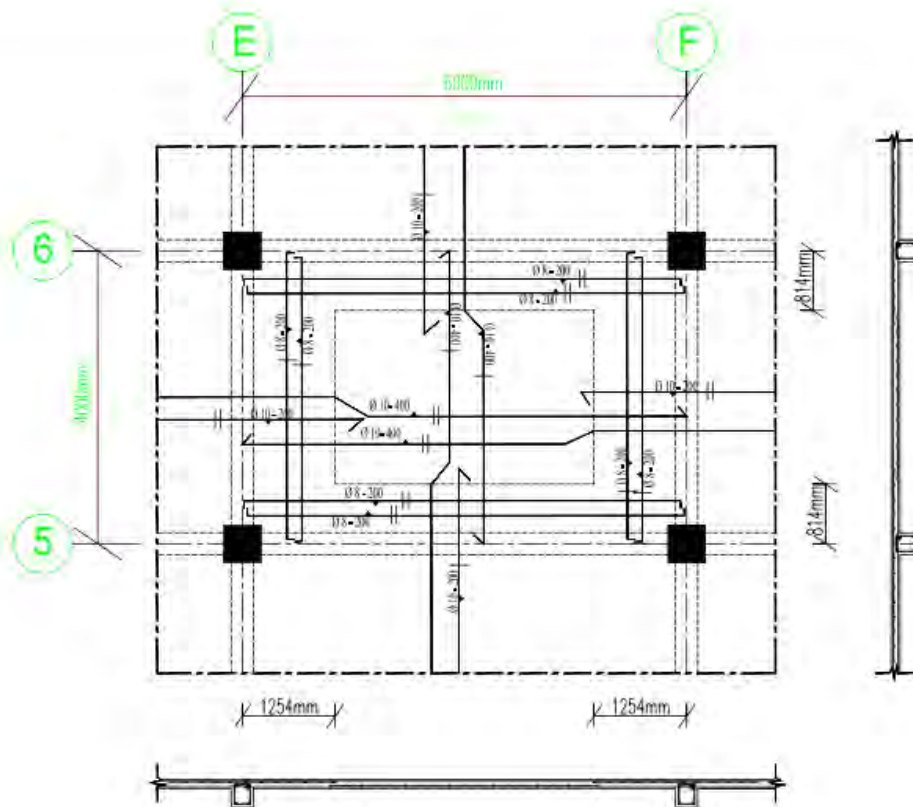
No. Ltr. 30

Kode-ml STR-47



DETAIL PENULANGAN PELAT 1
SKALA 1 : 50





DETAIL PENJULANGAN PELAT Z
SKALA 1 : 50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
DISKALAMATIKAHARJASATTAJAKKABANGKALAYOGYAKARTA

Nama Pekerjaan

Perencanaan Struktur Gedung Perpustakaan UPN
Veteran Surabaya Dengan Metode Sistem Rangka
Penakul Momen Menengah (SRPMM)

Dosen Pembimbing

Ir. Sri Subekti, MT

Nama / NRP Mahasiswa 1

Rihmatul Umida / 3112030114

Nama / NRP Mahasiswa 2

Oscar Gemuruh Leputra / 3112030128

Keterangan


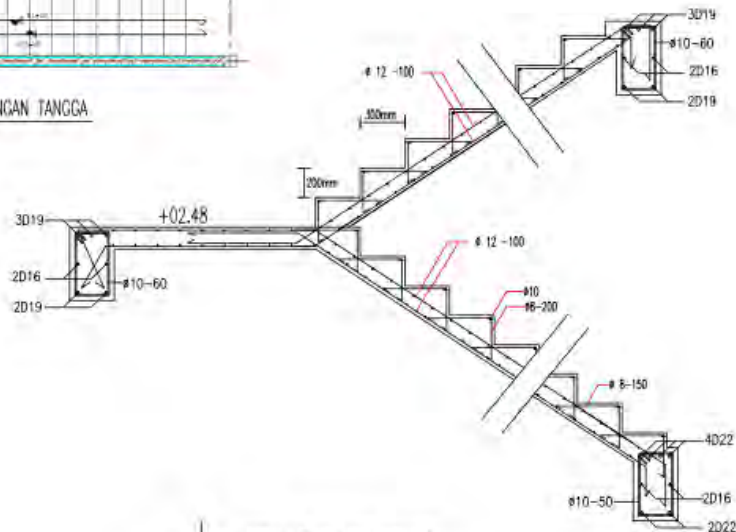
F_c : 30Mpa
 F_y : 400Mpa

Tgl. 25 Mei 2015

No. Lir. 31

Kode-Jml. STR-47

DENAH PENULANGAN TANGGA
SKALA 1 : 50



DETAIL PENULANGAN TANGGA
SKALA 1 : 25



INSTITUTE FOR THE STUDY OF THE AMERICAN
UNIVERSITY OF CHICAGO
CHICAGO, ILLINOIS 60637, U.S.A.
E-mail: shapiro@uchicago.edu

Nama Pekerjaan

Perencanaan Struktur Gedung Perpustakaan UPN
Veteran Surabaya Dengan Metode Sistem Rangka
Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

Dosen Pembimbing

Ir. Sri Subekti, MT

Nama / NRP Mahasiswa : I

Rahmatul Ilmiati / 3112030114

Nama / NRP Mahasiswa 2

Onca! Gemuruh Lepatu / 3112030128

Keterangan

E_c'	Δ	30Mpa
F_y	\ominus	400Mpa

Tgl.	23 Mei 2015
------	-------------

No. Lib.	32
----------	----

Kode-jml	STR-47
----------	--------



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
JALAN KEMUNING 1, KEMUNING, SURABAYA 60115
Telp. (031) 79930303, Fax. (031) 79930303
Email: info@its.ac.id

Nama Pelajaran

Perencanaan Struktur Gedung Perpustakaan UPN
Veteran Semarang Dengan Metode Sistem Rangka
Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

Dosen Pembimbing

Irfan Subekti, MT

Nama / NRP Mahasiswa 1

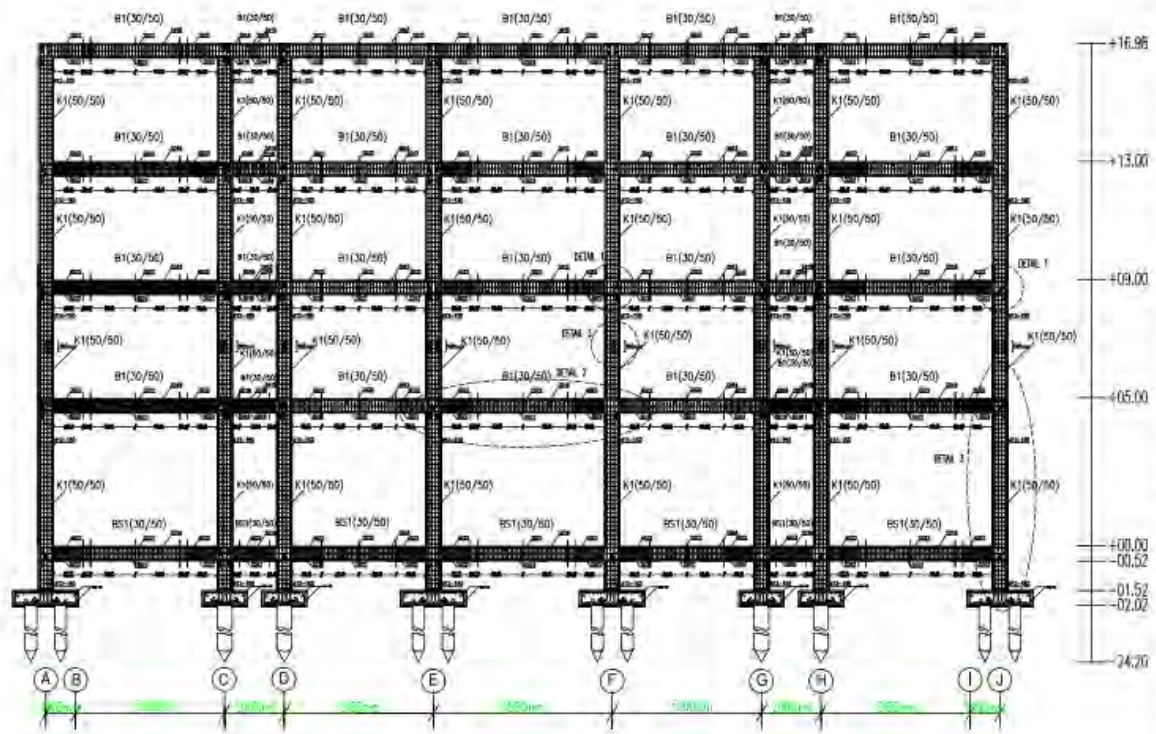
Rahmat Hidayat / 3112030114

Nama / NRP Mahasiswa 2

Onay Gunawan Lepatra / 3112030128

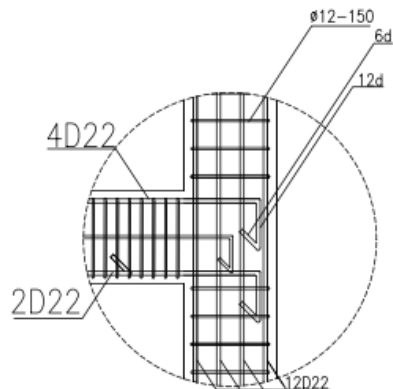
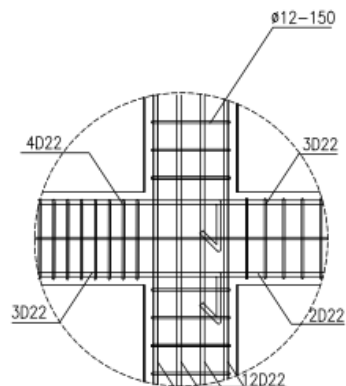
Keterangan

$f_c' = 40 \text{ Mpa}$
 $f_y = 400 \text{ Mpa}$



PORTAL MEMANJANG
SKALA 1 : 125

Tgl.	25 Mei 2013
No. Lr.	33
Kode/Int.	STR-47



DETAIL PORTAL MEMANJANG 1 (PERTEMUAN BALOK KOLOM)
SKALA 1 : 20



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

Nama Pekerjaan

Perencanaan Struktur Gedung Perpustakaan UPN
Veteran Surabaya Dengan Metode Sistem Rangka
Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

Dosen Pembimbing

Ir. Sri Subekti, MT

Nama / NRP Mahasiswa 1

Rihnatul Ilmiyah / 3112030114

Nama / NRP Mahasiswa 2

Oncaat Gemuruh Leputra / 3112030128

Keterangan

$f_c' = 30\text{Mpa}$
 $f_y = 400\text{Mpa}$

Tgl. 25 Mei 2015

No. Lbr 34

Kode-Jml STR-47



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
KAMPUS GABUNG

Nama Pekerjaan

Perencanaan Struktur Gedung Perpustakaan UPN
Veteran Surabaya Dengan Metode Sistem Rangka
Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

Dosen Pembimbing

Ir. Sri Subekti, MT

Nama / NRP Mahasiswa 1

Rihnatul Ilmiah / 3112030114

Nama / NRP Mahasiswa 2

Onca Gemuruh Leputra / 3112030128

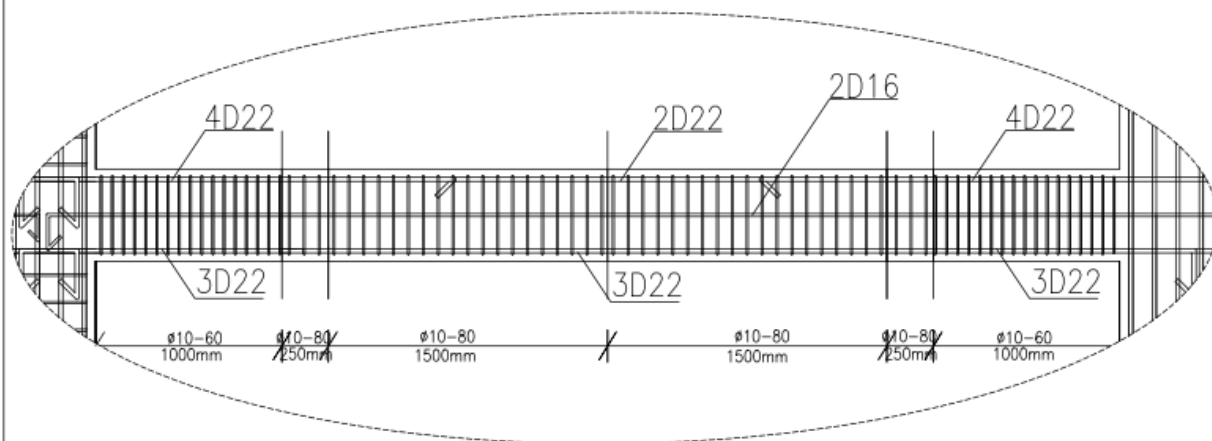
Keterangan

$F_c' = 30 \text{ Mpa}$
 $F_y = 400 \text{ Mpa}$

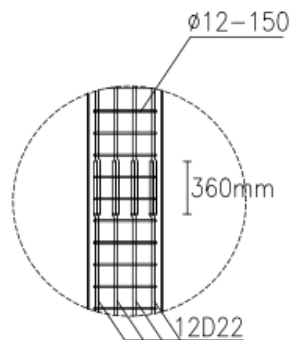
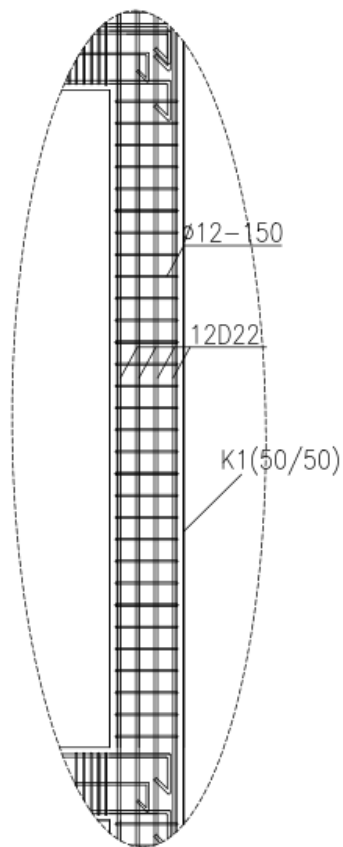
Tgl. 25 Mei 2015

No. Lbr 35

Kode Jml STR-47



DETAIL PORTAL MEMANJANG 2 (BALOK)
SKALA 1 : 20



DETAIL PORTAL MEMANJANG 3 (KOLOM)
SKALA 1 : 25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PRODI TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
BANGUNAN GEDUNG

Nama Pekerjaan

Perencanaan Struktur Gedung Perpustakaan UPN
Veteran Surabaya Dengan Metode Sistem Rangka
Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

Dosen Pembimbing

Ir. Sri Subekti, MT

Nama / NRP Mahasiswa 1

Rihmatul Ilmiah / 3112030114

Nama / NRP Mahasiswa 2

Oncat Gemuruh Leputra / 3112030128

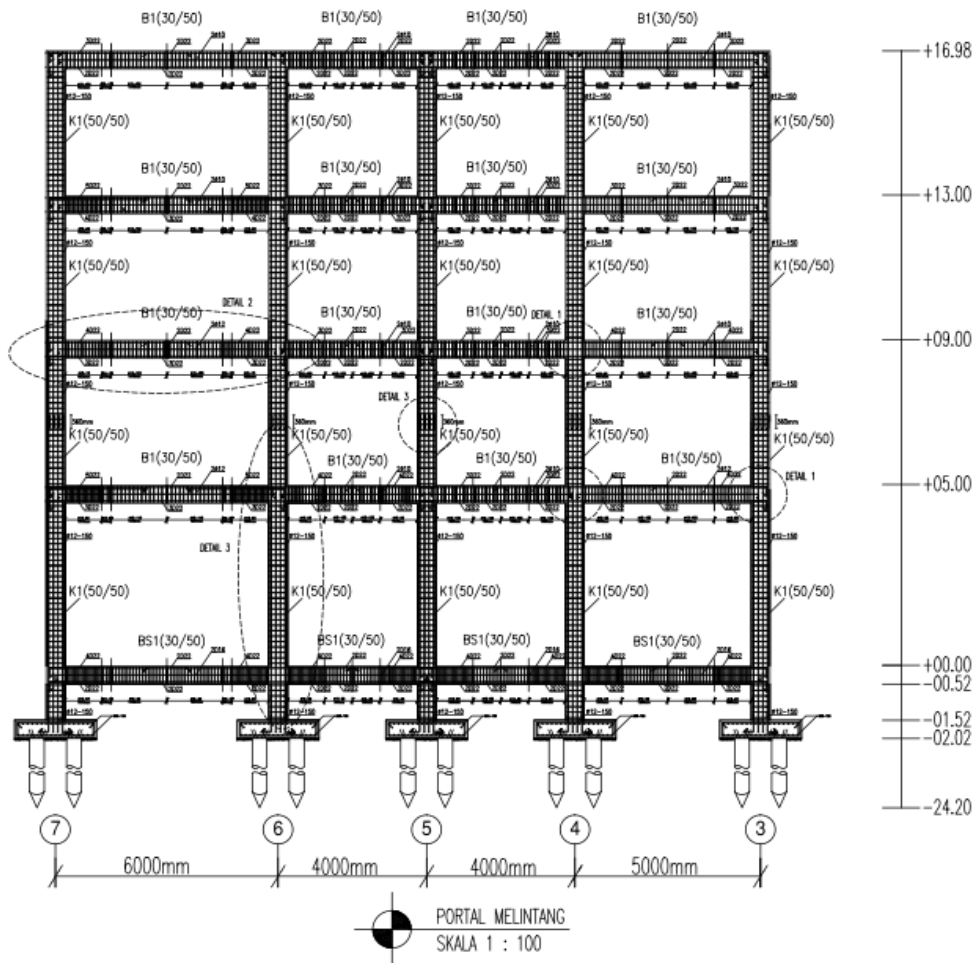
Keterangan

$f_c' = 30 \text{ Mpa}$
 $f_y = 400 \text{ Mpa}$

Tgl. 25 Mei 2015

No. Lbr 36

Kode-Jml STR-47



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PERENCANAAN STRUKTUR DAN PERENCANAAN
BANGUNAN GEDUNG

Nama Pekerjaan

Perencanaan Struktur Gedung Perpustakaan UPN
Veteran Surabaya Dengan Metode Sistem Rangka
Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

Dosen Pembimbing

Ir. Srie Subekti, MT

Nama / NRP Mahasiswa 1

Rihnatul Ilmiah / 3112030114

Nama / NRP Mahasiswa 2

Oncat Gemuruh Leputra / 3112030128

Keterangan

$F_c' = 30 \text{ Mpa}$
 $F_y = 400 \text{ Mpa}$

Tgl. 25 Mei 2015

No. Lbr 37

Kode-lml STR-47



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
BUILDING ENGINEERING

Nama Pekerjaan

Perencanaan Struktur Gedung Perpustakaan UPN
Veteran Surabaya Dengan Metode Sistem Rangka
Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

Dosen Pembimbing

Ir. Sri Subekti, MT

Nama / NRP Mahasiswa 1

Rihmatul Ilmiah / 3112030114

Nama / NRP Mahasiswa 2

Oncat Gemuruh Leputra / 3112030128

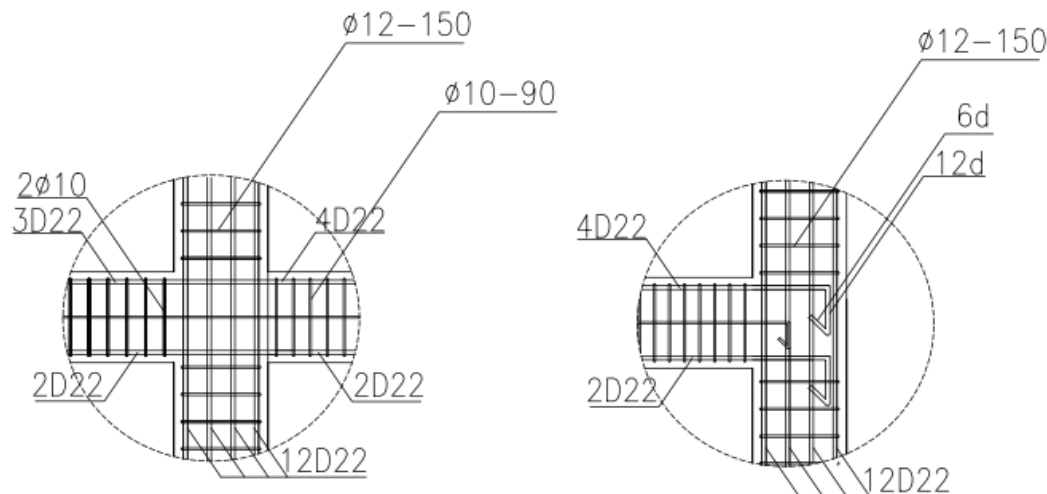
Keterangan

$F_c' = 30 \text{ Mpa}$
 $F_y = 400 \text{ Mpa}$

Tgl. 25 Mei 2015

No. Lbr 38

Kode-Jml STR-47



DETAIL PORTAL MELINTANG 1 (PERTEMUAN BALOK KOLOM)
SKALA 1 : 20



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUHNOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

Nama Pekerjaan

Perencanaan Struktur Gedung Perpustakaan UPN
Veteran Surabaya Dengan Metode Sistem Rangka
Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

Dosen Pembimbing

Ir. Srie Subekti, MT

Nama / NRP Mahasiswa 1

Rihmatul Ilmiah / 3112030114

Nama / NRP Mahasiswa 2

Oncat Gemuruh Leputra / 3112030128

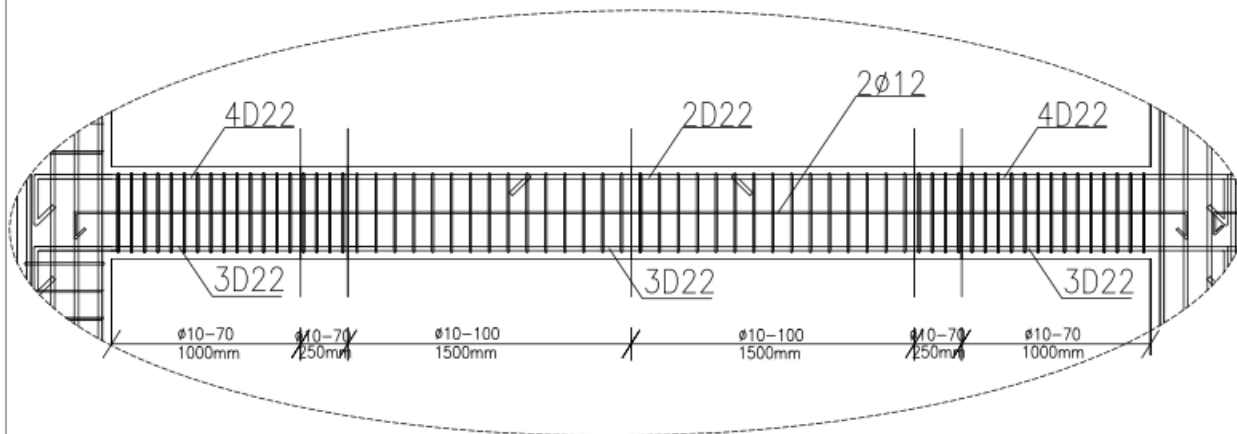
Keterangan

$f_c' = 30 \text{ Mpa}$
 $f_y = 400 \text{ Mpa}$

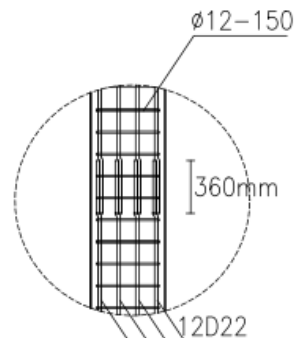
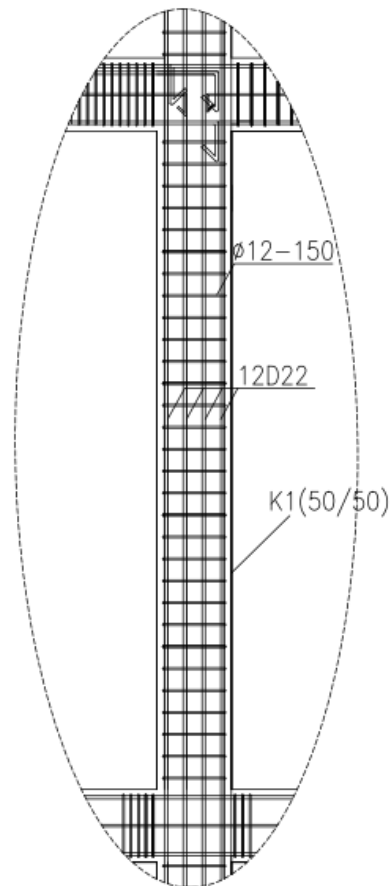
Tgl. 25 Mei 2015

No. Lbr 39

Kode/Iml STR-47



DETAIL PORTAL MELINTANG 2 (BALOK)
SKALA 1 : 20



DETAIL PORTAL MELINTANG 3 (KOLOM)
SKALA 1 : 25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FACULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

Nama Pekerjaan

Perencanaan Struktur Gedung Perpustakaan UPN
Veteran Surabaya Dengan Metode Sistem Rangka
Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

Dosen Pembimbing

Ir. Sri Subekti, MT

Nama / NRP Mahasiswa 1

Rihmatul Ilmiah / 3112030114

Nama / NRP Mahasiswa 2

Oncat Gemuruh Leputra / 3112030128

Keterangan

$f_c' = 30\text{Mpa}$
 $f_y = 400\text{Mpa}$

Tgl. 25 Mei 2015

No. Lbr 40

Kode-Jml STR-47



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
INDONESIA

Nama Pekerjaan

Pencapaian Struktur Gedung Perpustakaan UPN
Veteran Surabaya Dengan Metode Sistem Rangka
Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

Dosen Pembimbing

Ir. Sri Subekti, MT

Nama / NRP Mahasiswa 1

Rihnatul Ikhmah / 3112030114

Nama / NRP Mahasiswa 2

Oncat Gemuruh Leputra / 3112030128

Keterangan

$F_c = 30 \text{ Mpa}$
 $F_y = 400 \text{ Mpa}$

Tgl. 25 Mei 2015

No. Ltr. 41

Kode-Jml STR-47

JENIS POER



P1

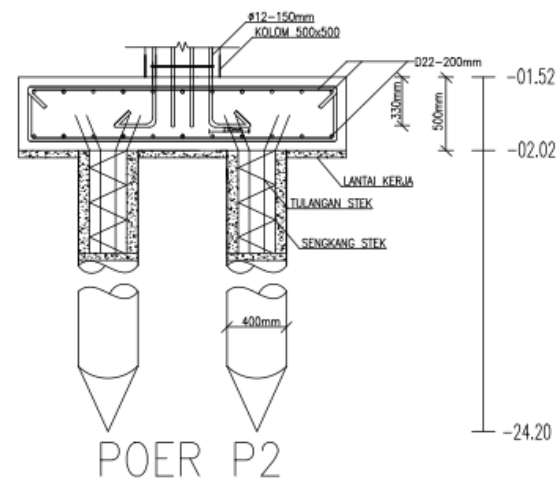
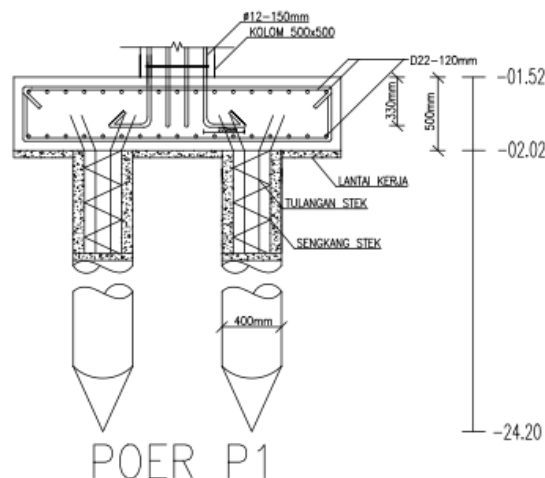
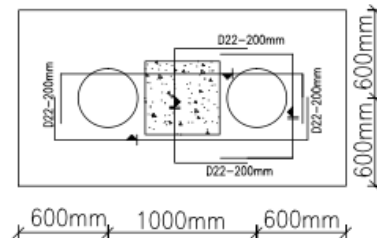
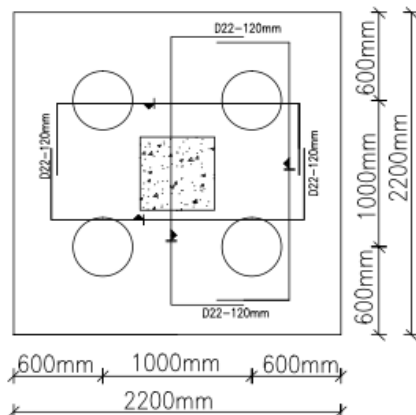


P2



P3





DETAIL PENULANGAN POER P1,P2
SKALA 1 : 25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

Nama Pekerjaan

Perencanaan Struktur Gedung Perpustakaan UPN
Veteran Surabaya Dengan Metode Sistem Rangka
Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

Dosen Pembimbing

Ir. Sri Subekti, MT

Nama / NRP Mahasiswa 1

Rihnatul Ilmiah / 3112030114

Nama / NRP Mahasiswa 2

Oncat Gemuruh Leputra / 3112030128

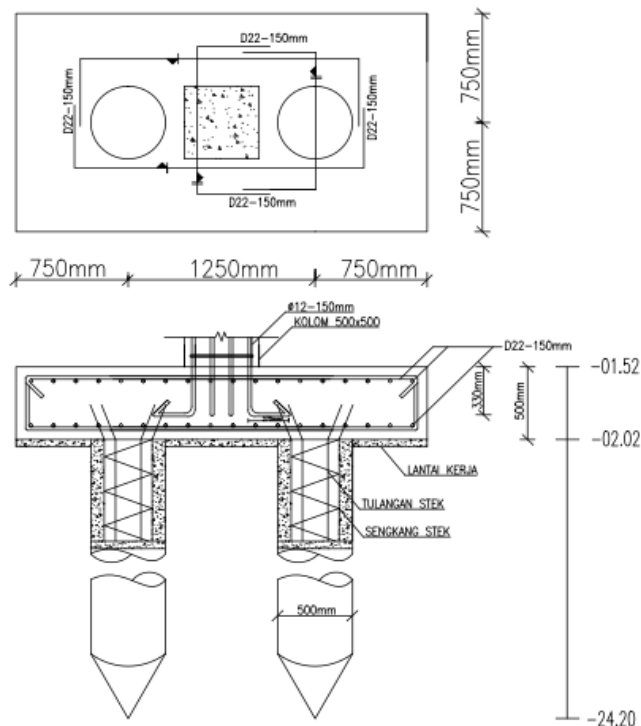
Keterangan

$F_c' = 30\text{Mpa}$
 $F_y = 400\text{Mpa}$

Tgl. 25 Mei 2015

No. Lbr 42

Kode-Iml STR-47



POER P3



DETAIL PENULANGAN POER P3
SKALA 1 : 25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
DIVISI TEKNIK STRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

Nama Pekerjaan

Perencanaan Struktur Gedung Perpustakaan UPN
Veteran Surabaya Dengan Metode Sistem Rangka
Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

Dosen Pembimbing

Ir. Sri Subekti, MT

Nama / NRP Mahasiswa 1

Rihnatul Ilmiah / 3112030114

Nama / NRP Mahasiswa 2

Oncat Gemuruh Leputra / 3112030128

Keterangan

$F_c' = 30 \text{ Mpa}$
 $F_y = 400 \text{ Mpa}$

Tgl. 25 Mei 2015

No. Lbr 43

Kode-Jml STR-47

TABEL PENULANGAN BALOK

BALOK INDUK 30/50, BENTANG 6M, LANTAI 2-LANTAI ATAP

Tipe Balok	B1				B1				B1				B1			
Posisi	Tumpuan I	Lenteng	Tumpuan Bawah	Tumpuan Atas	Tumpuan I	Lenteng	Tumpuan Bawah	Tumpuan Atas	Tumpuan I	Lenteng	Tumpuan Bawah	Tumpuan Atas	Tumpuan I	Lenteng	Tumpuan Bawah	Tumpuan Atas
Pemampangan																
Lantai Bawah	M 30/50 T12 Spasi 1.00m				M 30/50 T12 Spasi 1.00m				M 30/50 T12 Spasi 1.00m				M 30/50 T12 Spasi 1.00m			
Lenteng Atas	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
Lenteng Bawah	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
Tumpuan Bawah	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
Tumpuan Atas	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
Detail	400-50	400-50	400-50	400-50	400-50	400-50	400-50	400-50	400-50	400-50	400-50	400-50	400-50	400-50	400-50	400-50

BALOK INDUK 30/50, BENTANG 6M, LANTAI 2-LANTAI ATAP

Tipe Balok	B1				B1				B1				B1			
Posisi	Tumpuan I	Lenteng	Tumpuan Bawah	Tumpuan Atas	Tumpuan I	Lenteng	Tumpuan Bawah	Tumpuan Atas	Tumpuan I	Lenteng	Tumpuan Bawah	Tumpuan Atas	Tumpuan I	Lenteng	Tumpuan Bawah	Tumpuan Atas
Pemampangan																
Lantai Bawah	M 30/50 T12 Spasi 1.00m				M 30/50 T12 Spasi 1.00m				M 30/50 T12 Spasi 1.00m				M 30/50 T12 Spasi 1.00m			
Lenteng Atas	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
Lenteng Bawah	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
Tumpuan Bawah	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
Tumpuan Atas	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
Detail	400-50	400-50	400-50	400-50	400-50	400-50	400-50	400-50	400-50	400-50	400-50	400-50	400-50	400-50	400-50	400-50

BALOK INDUK 30/50, BENTANG 6M, LANTAI 2-LANTAI ATAP

Tipe Balok	B1				B1				B1				B1			
Posisi	Tumpuan I	Lenteng	Tumpuan Bawah	Tumpuan Atas	Tumpuan I	Lenteng	Tumpuan Bawah	Tumpuan Atas	Tumpuan I	Lenteng	Tumpuan Bawah	Tumpuan Atas	Tumpuan I	Lenteng	Tumpuan Bawah	Tumpuan Atas
Pemampangan																
Lantai Bawah	M 30/50 T12 Spasi 1.00m				M 30/50 T12 Spasi 1.00m				M 30/50 T12 Spasi 1.00m				M 30/50 T12 Spasi 1.00m			
Lenteng Atas	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
Lenteng Bawah	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
Tumpuan Bawah	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
Tumpuan Atas	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
Detail	400-50	400-50	400-50	400-50	400-50	400-50	400-50	400-50	400-50	400-50	400-50	400-50	400-50	400-50	400-50	400-50

BALOK INDUK 30/50, BENTANG 6M, LANTAI 2-LANTAI ATAP

Tipe Balok	B1				B1				B1				B1			
Posisi	Tumpuan I	Lenteng	Tumpuan Bawah	Tumpuan Atas	Tumpuan I	Lenteng	Tumpuan Bawah	Tumpuan Atas	Tumpuan I	Lenteng	Tumpuan Bawah	Tumpuan Atas	Tumpuan I	Lenteng	Tumpuan Bawah	Tumpuan Atas
Pemampangan																
Lantai Bawah	M 30/50 T12 Spasi 1.00m				M 30/50 T12 Spasi 1.00m				M 30/50 T12 Spasi 1.00m				M 30/50 T12 Spasi 1.00m			
Lenteng Atas	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
Lenteng Bawah	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
Tumpuan Bawah	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
Tumpuan Atas	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
Detail	400-50	400-50	400-50	400-50	400-50	400-50	400-50	400-50	400-50	400-50	400-50	400-50	400-50	400-50	400-50	400-50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
Fakultas Teknik
Departemen Teknik Sipil dan Perencanaan
Jember, 2013

Nama Pekerjaan

Perencanaan Struktur Gedung Permukiman UPN
Veteran Surabaya Dengan Metode Sistem Rangka
Penakel Momen Menengah (SRPMM)

Dosen Pembimbing

Ir. Sri Subekti, MT

Nama / NRP Mahasiswa 1

Rihantal Unish / 3112030114

Nama / NRP Mahasiswa 2

Unish Gentiurh Lepura / 3112030128

Keterangan

1/2 (BMP) 400/400

Tgl. 15 Mei 2013
No. Ltr. 44
Kode-Intl. STR-47

BALOK INDUK 30/50, BENTANG 5M, LANTAI 2-LANTAI ATAP

POSISI	BJ				BJ				BJ				BJ			
	TAMPAK KIRI	LATIHAN	TAMPAK KANAN	TAMPAK ML. DEKAT 1	TAMPAK KIRI	LATIHAN	TAMPAK KANAN	TAMPAK ML. DEKAT 2	TAMPAK KIRI	LATIHAN	TAMPAK KANAN	TAMPAK ML. DEKAT 1	TAMPAK KIRI	LATIHAN	TAMPAK KANAN	TAMPAK ML. DEKAT 2
PENAMPANG																
LODOK BALOK	AS 1/20-1/124 300mm x 500mm				AS 1/20-1/124 300mm x 500mm				AS 1/20-1/124 300mm x 500mm				AS 1/20-1/124 300mm x 500mm			
TAMPAK KIRI	4002	3002	4002	4002	4002	3002	4002	4002	4002	3002	4002	4002	4002	3002	4002	4002
TAMPAK KANAN	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002
TAMPAK ML. DEKAT 1	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002
TAMPAK ML. DEKAT 2	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002
REMARK	PIS-10				PIS-10				PIS-10				PIS-10			

BALOK INDUK 30/50, BENTANG 5M, LANTAI 2-LANTAI ATAP

POSISI	BJ				BJ				BJ				BJ			
	TAMPAK KIRI	LATIHAN	TAMPAK KANAN	TAMPAK ML. DEKAT 1	TAMPAK KIRI	LATIHAN	TAMPAK KANAN	TAMPAK ML. DEKAT 2	TAMPAK KIRI	LATIHAN	TAMPAK KANAN	TAMPAK ML. DEKAT 1	TAMPAK KIRI	LATIHAN	TAMPAK KANAN	TAMPAK ML. DEKAT 2
PENAMPANG																
LODOK BALOK	AS 1/20-1/124 300mm x 500mm				AS 1/20-1/124 300mm x 500mm				AS 1/20-1/124 300mm x 500mm				AS 1/20-1/124 300mm x 500mm			
TAMPAK KIRI	4002	3002	4002	4002	4002	3002	4002	4002	4002	3002	4002	4002	4002	3002	4002	4002
TAMPAK KANAN	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002
TAMPAK ML. DEKAT 1	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002
TAMPAK ML. DEKAT 2	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002
REMARK	PIS-10				PIS-10				PIS-10				PIS-10			

BALOK INDUK 30/50, BENTANG 5M, LANTAI 2-LANTAI ATAP

POSISI	BJ				BJ				BJ				BJ			
	TAMPAK KIRI	LATIHAN	TAMPAK KANAN	TAMPAK ML. DEKAT 1	TAMPAK KIRI	LATIHAN	TAMPAK KANAN	TAMPAK ML. DEKAT 2	TAMPAK KIRI	LATIHAN	TAMPAK KANAN	TAMPAK ML. DEKAT 1	TAMPAK KIRI	LATIHAN	TAMPAK KANAN	TAMPAK ML. DEKAT 2
PENAMPANG																
LODOK BALOK	AS 1/20-1/124 300mm x 500mm				AS 1/20-1/124 300mm x 500mm				AS 1/20-1/124 300mm x 500mm				AS 1/20-1/124 300mm x 500mm			
TAMPAK KIRI	4002	3002	4002	4002	4002	3002	4002	4002	4002	3002	4002	4002	4002	3002	4002	4002
TAMPAK KANAN	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002
TAMPAK ML. DEKAT 1	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002
TAMPAK ML. DEKAT 2	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002
REMARK	PIS-10				PIS-10				PIS-10				PIS-10			

BALOK INDUK 30/50, BENTANG 4M, LANTAI 2-LANTAI ATAP

POSISI	BJ				BJ				BJ				BJ			
	TAMPAK KIRI	LATIHAN	TAMPAK KANAN	TAMPAK ML. DEKAT 1	TAMPAK KIRI	LATIHAN	TAMPAK KANAN	TAMPAK ML. DEKAT 2	TAMPAK KIRI	LATIHAN	TAMPAK KANAN	TAMPAK ML. DEKAT 1	TAMPAK KIRI	LATIHAN	TAMPAK KANAN	TAMPAK ML. DEKAT 2
PENAMPANG																
LODOK BALOK	AS 1/20-1/124 300mm x 500mm				AS 1/20-1/124 300mm x 500mm				AS 1/20-1/124 300mm x 500mm				AS 1/20-1/124 300mm x 500mm			
TAMPAK KIRI	4002	3002	4002	4002	4002	3002	4002	4002	4002	3002	4002	4002	4002	3002	4002	4002
TAMPAK KANAN	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002
TAMPAK ML. DEKAT 1	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002
TAMPAK ML. DEKAT 2	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002	3002
REMARK	PIS-10				PIS-10				PIS-10				PIS-10			



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUHNOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

Nama Pekerjaan

Perencanaan Struktur Gedung Perpustakaan UPN
Veteran Surabaya Dengan Metode Sistem Rangka
Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

Dosen Pembimbing

Ir. Sri Subekti, MT

Nama / NRP Mahasiswa 1

Rihnatul Ilmiah / 3112030114

Nama / NRP Mahasiswa 2

Oncat Gemuruh Leputra / 3112030128

Keterangan

$F_c' = 30 \text{Mpa}$
 $F_y = 400 \text{Mpa}$

Tgl. 25 Mei 2015

No. Lbr 45



Kode-Jml STR-47



Kode-Jml STR-47

TYPE	SALUK	B.A				B.5				B.8			
		TEMPUR BRT	LENGKAS	TEMPUR BAKAR	TEMPUR BAKAR, SERI 2	TEMPUR BRT	LENGKAS	TEMPUR BAKAR	TEMPUR BRT, SERI 2	TEMPUR BRT	LENGKAS	TEMPUR BAKAR	TEMPUR BRT, SERI 2
PENAMPING													
LONG BULK		45 C-7AF 174				45 C-7AF 173				45 C-7AF 171			
LONG BULK		2000 x 1.3000				2000 x 1.3000				2000 x 1.3000			
TEMPUR BRT		3000	3000	3000	3000	4000	2000	4000	4000	3000	3000	3000	3000
TEMPUR BAKAR		3000	3000	3000	3000	4000	2000	4000	4000	3000	3000	3000	3000
TEMPUR BAKAR, SERI 2		3000	3000	3000	3000	4000	2000	4000	4000	3000	3000	3000	3000
TEMPUR BRT, SERI 2		3000	3000	3000	3000	4000	2000	4000	4000	3000	3000	3000	3000

TABEL PENULANGAN KOLOM

Tipe Kolom	K1	K2
FORMFUNG		
JUMLAH KOLOM	Jumlah 4 Kolom	Jumlah 4 Kolom
LEBAR TITIK	200	200
LEBAR	400 x 400	400 x 400



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
JALAN KEMUNING 1, KAMPUS TEBERAK
SURABAYA 60115
Telp. (031) 79931111
www.its.ac.id

Nama Pekerjaan

Perencanaan Struktur Gedung Perpustakaan UPN Veteran Surabaya Dengan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

Dosen Pembimbing

Ir. Sri Subekti, MT

Nama / NRP Mahasiswa 1

Riznatul Himah / 311203014

Nama / NRP Mahasiswa 2

Oncot Gemirah Lepura / 3112030128

Keterangan

$f_c' = 30 \text{ Mpa}$
 $f_y = 400 \text{ Mpa}$

Tgl. 25 Mei 2013

No. Lbr. 47

Kode-fil. STR-47

BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Rihnatul Ilmiah dilahirkan di Situbondo, 22 Desember 1994, merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Al-Irsyad Al-Islamiyah Situbondo, SD Muhammadiyah 1 Panji Situbondo, SMP Negeri 5 Situbondo, kemudian SMA Negeri 1 Situbondo. Setelah Lulus dari pendidikan sekolah menengah atas pada tahun 2012, penulis mengikuti ujian masuk Diploma ITS dan diterima di jurusan Teknik Sipil pada tahun 2008, terdaftar dengan NRP 3112.030.114. Di jurusan Teknik Sipil ini penulis mengambil bidang studi Bangunan Gedung.



Penulis bernama lengkap Oncat Gemuruh Leputra dilahirkan di Lamongan, 30 Juni 1994, merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Pertiwi II Kalipang Lamongan, SD Negeri Puter 2 Lamongan, SMP Negeri 2 Lamongan, kemudian SMA Negeri 2 Lamongan. Setelah Lulus dari pendidikan sekolah menengah atas pada tahun 2012, penulis mengikuti ujian masuk Diploma ITS dan diterima di jurusan Teknik Sipil pada tahun 2008, terdaftar dengan NRP 3112.030.128. Di jurusan Teknik Sipil ini penulis mengambil bidang studi Bangunan Gedung.